

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ostrava 2010

Bc. Petr Wojnar

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Návrh obnovy parku vybraných silničních vozidel a stavebních strojů
stavební společnosti**

**Propose a Restoration of Selected Road Vehicles and Construction
Machines of Building Company**

Student:

Bc. Petr Wojnar

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Famfulík, Ph. D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Wojnar**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace: 20 Silniční doprava

Téma: **Návrh obnovy parku vybraných silničních vozidel a stavebních strojů
stavební společnosti
Propose a Restoration of Selected Road Vehicles and Construction
Machines of Building Company**

Zásady pro vypracování:

Cíl:

Na základě analýzy parametrů spolehlivosti a nákladů na údržbu provést návrh na obnovu vozidlového parku firmy.

Osnova:

1. Charakteristika parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů
2. Analýza současného parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů
3. Stanovení optimální doby života analyzovaného parku nákladních automobilů a strojů
4. Návrh obnovy parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů
5. Ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, Radek. Teorie údržby [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 237 s. Dostupné z WWW: <<http://home1.vsb.cz/~krz0111/>>. ISBN 978-80-248-1509-1.

DANĚK, A.; ŠIROKÝ, J.; FAMFULÍK, J. Matematické metody obnovy dopravních prostředků. Ostrava: Repronis Ostrava, 1999. ISBN 80-86122-41-73.

DANĚK, A.; RICHTÁŘ, M.: Cvičení z teorie obnovy dopravních prostředků.

DANĚK, A.; ŠIROKÝ, J.: Teorie obnovy dopravních prostředků. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1999. ISBN 80-7078-568-3

Firemní podklady.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Famfulík, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



A handwritten signature in blue ink, belonging to doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

A handwritten signature in blue ink, belonging to prof. Ing. Radim Farana, CSc.

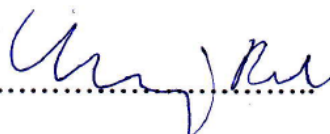
prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

20. 9. 2010

V Ostravě

.....

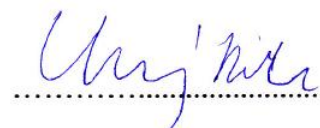
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB -TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě nájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO, na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

20.9. 2010

V Ostravě:



Bc. Petr Wojnar

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

WOJNAR, P. Návrh obnovy parku vybraných silničních vozidel a stavebních strojů stavební společnosti. Ostrava: institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 64 s. Diplomová práce, vedoucí Famfulík, J.

Diplomová práce se zabývá obnovou parku vybraných silničních vozidel a stavebních strojů stavební společnosti. V úvodní části je popsán vozidlový a strojový park a jsou zde uvedeny pojmy související s životností a náklady životního cyklu vozidel a strojů.

V hlavní části je zpracována analýza parametrů spolehlivosti a nákladů na provoz a údržbu. Jsou zde stanoveny optimální doby života vozidel a strojů a proveden návrh pro jejich obnovu.

V závěrečné části diplomové práce je provedeno ekonomické zhodnocení vyplývající z obnovy těchto výrobních prostředků.

ANOTATION OF THESIS

WOJNAR, P. Propose a Restoration of Selected Road Vehicles and Construction Machines of a Building Company. Ostrava: Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 64 p., head: Famfulík, J.

The thesis deals with the propose a restoration of selected road vehicles and construction machines of building company. In the introductory part the vehicles and construction machine park is described and there are mentioned conceptions concerning with service life and costs of life cycle of vehicles and machines.

In the main part analysis of parameters of reliability and costs of running and maintenance are mentioned. There are defined the optimal service life of the vehicles and machines and designed the project for their renovation

In the final part of the Thesis there is economical valuation resulting from the renovation of these means of production.

Obsah

Úvod.....	0
1 Charakteristika parku silničních vozidel a stavebních strojů.....	1
1.1 Kategorizace vozidel a stavebních strojů.....	1
1.1.1 Kategorizace vozidel dle EHK.....	1
1.1.2 Kategorizace stavebních strojů dle ČSN EN ISO 61 65	2
1.2 Popis vozidel a stavebních strojů	2
1.3 Nákladní automobily	3
1.4 Stavební stroje.....	5
2 Analýza současného parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů.....	8
2.1 Životní cyklus vozidel a stavebních strojů.....	8
2.2 Náklady životního cyklu vozidel a stavebních strojů	8
2.3 Analýza spolehlivosti parku nákladních vozidel a stavebních strojů.....	9
2.4 Základní pojednání o náhodné veličině.....	12
2.4.1 Spojitá náhodná veličina.....	13
2.4.2 Charakteristika náhodné veličiny.....	15
2.4.3 Diskrétní náhodná veličina	16
2.4.4 Vybrané zákony rozdělení pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny	17
2.4.5 Odhad parametrů zákona rozdělení	20
2.5 Analýza bezporuchovosti	22
2.5.1 Odhad parametrů zákona rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny	24
2.6 Analýza udržitelnosti.....	31
3 Stanovení optimální doby vyřazení analyzovaného parku silničních vozidel a stavebních strojů	39
3.1 Popis metody exponenciálních trendů	39
3.2 Popis stanovení odhadu horní hranice vyřazení vozidel a strojů s využitím testovací statistiky.....	40
3.3 Stanovení optimální doby vyřazení parku silničních vozidel	42
3.3.1 Výpočet optimální životnosti samostatného vozidla.....	43
3.3.2 Výpočet optimální doby vyřazení skupiny vozidel.....	44
3.4 Stanovení optimální doby vyřazení parku stavebních strojů	46
3.5 Výsledné hodnoty výpočtů optimálních dob vyřazení vozidel a strojů	49
4 Návrh obnovy parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů	50

4.1	Určení vozidel a strojů k obměně.....	50
4.2	Navržení pořadí postupné obměny vozidel a strojů.....	52
5	Ekonomické zhodnocení.....	57
5.1	Rozhodování o investicích.....	57
5.2	Zdroje financování investic	57
5.3	Volba způsobu financování obnovy parku vozidel a strojů.....	60
	Závěr	62
	Seznam použité literatury	63
	Seznam příloh	64

Seznam použitých symbolů a zkratek

A – amplituda udržovacích nákladů [Kč]

α - hladina významnosti [-]

α - koeficient rychlosti poklesu zůstatkové ceny [-]

β – koeficient rychlosti nákladů na údržbu [-]

Γ – gama funkce (tabelována) [-]

C – pořizovací cena [Kč]

ČSN – Česká norma

EHK – Evropská hospodářská komise

δ_s – směrodatná odchylka [roky]

i – pořadové číslo třídy [-]

m – parametr tvaru [-]

μ – populační průměr [roky]

MDS – Ministerstvo dopravy a spojů

MH – motohodina

n - celkový počet tříd [-]

n – celkový počet vozidel (strojů) shodného typu [ks]

N – počet poruch [-]

N_p – pořizovací náklady vlastníka vozidla [Kč]

$N(t)$ – hodnota objektu v závislosti na čase (t) [Kč]

$N_u(t)$ – náklady na údržbu objektu v závislosti na čase (t) [Kč]

N_v – vlastnické náklady [Kč]

NV – nařízení vlády

r_i – je absolutní četnost poruch náležící do i-té třídy [-]

RPSN – roční procentní sazba nákladů [%]

Sb. – sbírka zákonů

S3 – třístranný sklápěč

STK – stanice technické kontroly

t – délka sledovaného období [rok]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

t_o – parametr měřítka [h]

t_p – doba provozu [h]

t_{pi} – doba provozu i -tého sledovaného období [h]

t_{pui} – doba údržby i -tého údržbového zásahu [h]

t_u – doba údržby [h]

T_{bp} – celková doba bezporuchového plnění funkce [h]

T_h – horní hranice (optimální doba) vyřazení vozidla (stroje) [roky]

T_{opt} – optimální životnost vozidla (stroje) [roky]

T_p – celkový uplynulý čas [h]

T_s – průměrná doba optimálních životností skupiny uvažovaných objektů [roky]

T_s mezi poruchami – střední doba mezi poruchami [-]

T_s údržby – střední doba údržby [-]

τ – doba obnovy [h]

τ_i – doba trvání i -té poruchy (opravy) [h]

τ_u – Za sebou následující doby použitelného stavu

x_i – doba optimální životnosti pro určité vozidlo (stroj) [roky]

Úvod

Pro svou diplomovou práci jsem si vybral téma: „Návrh obnovy parku vybraných silničních vozidel a stavebních strojů“. Práce bude zaměřená na vozidlový a strojový park stavební společnosti, ve které jsem zaměstnán, a mj. zde zajišťuji i jejich provoz a údržbu. Návrh obnovy bude proveden na vybraných silničních vozidlech a stavebních strojích s ohledem na požadavky a strategii výrobního managementu společnosti.

Údržba a obnova výrobních prostředků je jedním ze základních tzv. obslužných procesů každé výroby a provozu. Svým způsobem je procesem protichůdným. Na jedné straně spotřebovává finanční prostředky a v důsledku provádění údržbových úkonů snižuje i dobu provozování daného objektu, na straně druhé odstraňuje následky opotřebení, zvyšuje spolehlivost a prodlužuje jeho technický život. Systémový přístup k údržbě zahrnuje nejen samotnou údržbu daného objektu, ale musí také zabezpečit včasnou a efektivní obměnu tohoto výrobního prostředku.

Cílem této diplomové práce je provést návrh obnovy vybraných vozidel a stavebních strojů na základě analýzy parametrů spolehlivosti a nákladů na jejich údržbu. Vhodnou obnovou tak může být zajištěno nejen snížení ekonomické náročnosti na údržbu a provoz daného objektu, ale zároveň i zvýšení bezpečnosti a produktivity v důsledku odlišných parametrů moderních, stále se zdokonalujících silničních vozidel a stavebních strojů. Neméně důležitý je i aspekt na vztah k životnímu prostředí. Nová vozidla produkují mnohem nižší emise výfukových plynů, vykazují nižší hladiny hluku. Při stále zvyšující se přepravě materiálu a zboží po silnici je tento aspekt velmi významný. Také legislativa našeho státu rozlišuje provozování zastaralých nebo moderních silničních vozidel v podobě slev na silniční dani či platbě mýtného systému.

1 Charakteristika parku silničních vozidel a stavebních strojů

1.1 Kategorizace vozidel a stavebních strojů

Z úplných kategorizací silničních vozidel a stavebních strojů, budou z příslušných normativních údajů blíže specifikovány pouze ty, které souvisejí s náplní této diplomové práce.

1.1.1 Kategorizace vozidel dle EHK

- Kategorie L – motorová vozidla zpravidla s méně než čtyřmi koly,
- Kategorie M – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají pro přepravu osob,

M_1 – vozidla, která mají nejvýše osm míst k přepravě osob, kromě místa řidiče, nebo víceúčelová vozidla,

M_2 – vozidla, která mají více než osm míst k přepravě osob, kromě místa řidiče, a jejichž nejvyšší přípustná hmotnost nepřevyšuje 5 000 kg,

M_3 – vozidla, která mají více než osm míst k přepravě osob, kromě místa řidiče, a jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 5 000 kg.

- Kategorie N - motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro přepravu nákladů a zvířat,

N_1 – vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 3 500 kg,

N_2 – vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, avšak nepřevyšuje 12 000 kg,

N_3 – vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost převyšuje 12 000 kg.

- Kategorie O – přípojná vozidla,

O_1 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 750 kg,

O_2 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3 500 kg,

O_3 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 10 000 kg,

O_4 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 10 000 kg,

- Kategorie S – pracovní stroje,

S_s – pracovní stroj samojízdný je zvláštní vozidlo s vlastním zdrojem pohonu, konstrukčně a svým vybavením určené pouze pro vykonávání určitých pracovních činností. Pracovní stroj samojízdný není určený zpravidla pro přepravní činnost,

S_p – pracovní stroj přípojný je zvláštní vozidlo bez vlastního zdroje pohonu, konstrukčně a svým vybavením určené pouze pro vykonávání určitých pracovních činností. Pracovní stroj přípojný se připojuje k tažnému motorovému vozidlu, které je přizpůsobené pro jeho připojení,

- Kategorie R – ostatní vozidla, která nelze zařadit do výše uvedených kategorií [14].

1.1.2 Kategorizace stavebních strojů dle ČSN EN ISO 61 65

Stavební stroje jsou zahrnuty do základní skupiny - Stroje pro zemní práce, které se dělí na následující druhy:

- Dozer
- Nakladač
 - Nakladače kolové
 - Nakladače pásové
- Rypadlo – nakladač
- Lopatové rypadlo
 - Lopatová rypadla kolová
 - Lopatová rypadla pásová
- Rýhovač
- Dampr
- Skrejpr
- Grejdr
- Kompaktor
- Válec
- Pokladač potrubí [2].

1.2 Popis vozidel a stavebních strojů

Činnost stavební společnosti je zaměřena především na výstavbu a rekonstrukci inženýrských sítí, zejména plynovodů, vodovodů a kanalizací. Většina stavebních prací je realizována pomocí vlastních prostředků, při větším objemu stavebních prací jsou nájímána vozidla a stavební stroje od okolních firem. Stavební společnost

provozuje silniční dopravu pro vlastní potřebu, tedy za účelem realizace své stavební činnosti.

Strojový a vozidlový park je poměrně různorodý. Strojový park tvoří převážně rypadla a nakladače na mobilních kolových, ale i pásových podvozcích. Stavební stroje jsou provozovány 8 až 12 hodin denně, mnohdy 7 dní v týdnu, za velmi těžkých podmínek a za každého počasí. Stáří strojů je v průměru 7,2 let. Vozidlový park je pak tvořen osobními automobily a nákladními automobily skupiny N1, N2 a N3. Vozidla jsou využívána obdobně, jako je tomu u stavebních strojů, jejich roční kilometrový proběh se pohybuje v rozmezí od 15 000 do 40 000 km. Stáří silničních vozidel je v průměru 9 let. Součástí vozidlového parku jsou i přípojná vozidla a jedno vozidlo speciální. Automobily kategorie N1 a N2 jsou převážně používány jako montážní vozidla a neslouží k přepravě materiálu. Nákladní automobily kategorie N3 jsou sklápěčkové. Všechna sklápěčková vozidla jsou vybavená sklápěcí nástavbou typu S3. U objemu korby nad 10 m³ jsou bočnice vybaveny hydraulickým ovládáním, což umožňuje přepravu nejen sypkých materiálů, ale díky možnosti postranní nakládky pomocí vysoko zdvižného vozíku i přepravu stavebního materiálu uloženého na paletách.

Údržba a opravy techniky se provádějí ve vlastních dílnách, rozsáhlé a náročné opravy jsou pak realizovány u externích dodavatelů. Vozidla a stavební stroje, na které se vztahuje záruční doba, jsou rovněž opravovány v záručních autorizovaných opravárnách.

1.3 Nákladní automobily

Jak již bylo zmíněno, společnost vykonává stavební činnost. K tomuto účelu provozuje nákladní silniční dopravu pro vlastní potřeby. Vozidla jsou tedy provozována v náročných podmínkách na staveništích a v terénu. S touto skutečností souvisí i vyšší náklady na jejich opravy a údržbu za relativně nízkého ročního kilometrového proběhu. Ve srovnání se stejným typem vozidla, které je provozováno v jiném režimu („po silnici“), jsou náklady na kilometr provozu daleko vyšší. Rovněž výskyt poruch je u těchto vozidel zcela odlišný, dochází k opotřebení jiných prvků v odlišném čase. Proto údržbové náklady u stavebních vozidel budou odlišné s vozidly provozovanými převážně po pozemních komunikacích. Firemní politika údržby je zaměřená nejen na spolehlivost a bezpečnost provozovaných objektů, ale s ohledem na environmentální aspekty také na udržení jejich estetického standardu. Tato skutečnost

se negativně projeví ve zvýšených nákladech za údržbu vozidlového a strojového parku, na straně druhé se však vozidla stávají konkurenčně schopnější na trhu s ojetými vozidly a jejich prodej je díky realizované filosofii údržby mnohem snazší.

Osobní vozidla jsou využívána k zabezpečení stavební činnosti po organizační stránce. Jsou provozována jako vozidla referentská, určená k potřebám managementu společnosti a stavbyvedoucích. V minulosti se společnost při výběru těchto vozidel orientovala na značku Škoda. Proto v současnosti u referentských vozidel převládají automobily Škoda Octavia a Škoda Fabia. Roční kilometrový proběh se u těchto vozidel pohybuje okolo 15 000 km až 30 000 km.

Nákladní vozidla kategorie N1 a N2 jsou používána především jako vozidla montážní pro provádění stavebně-montážních prací, a jako servisní vozidla pro zajištění údržby stavebních strojů přímo na staveništích. Tato vozidla jsou opatřena skříňovou nástavbou. Montážní vozy jsou vybaveny nezávislým zdrojem elektrické energie, montážními stoly, svářecími aparáty pro sváření plamenem a elektrickým obloukem a dalším potřebným nářadím. Roční kilometrový proběh je vzhledem k jejich způsobu provozování relativně malý, pohybuje se okolo 15 000 km. Vzhledem k těmto nízkým ročním kilometrovým proběhům, dostupnosti náhradních dílů (finanční i logistické) a jednoduchosti údržby byl v minulosti vybrán pro skupinku montážních vozidel nákladní automobil značky Avia. Tato vozidla se díky již zmíněným vlastnostem u společnosti používají i v současnosti.

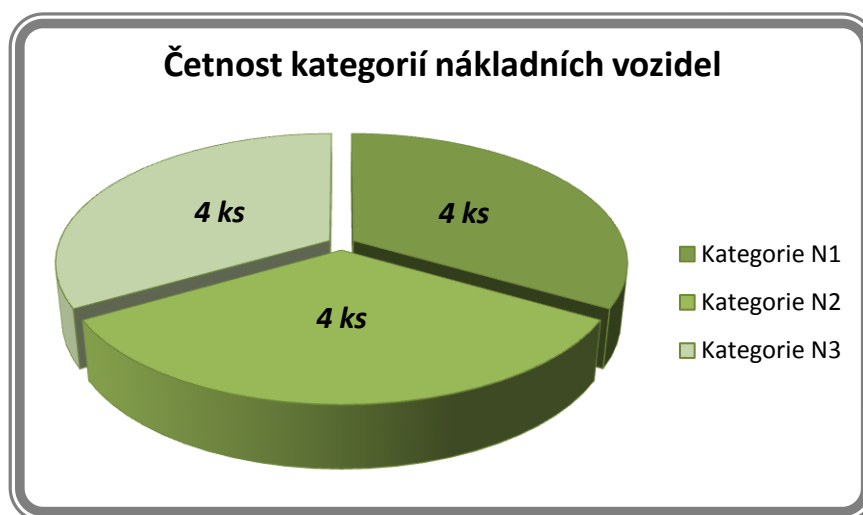
Nákladní vozidla kategorie N3 jsou vozidla s nástavbou sklápěčkovou. Jsou používána k přepravě a zásobování staveb stavebním materiálem. Vozidla jsou provozována sólo nebo jako jízdní soupravy. Jedno vozidlo je opatřeno vyměnitelnou nástavbou umožňující připojení oplenového přívěsu pro přepravu ocelového a plastového potrubí o max. délce 14 m. Roční kilometrový proběh u těchto vozidel je 15 000 až 40 000 km. Korby automobilů mají objem od 8 m³ do 12 m³ s užitečnou hmotností od 8 t do 14 t. Koncepce podvozků u těchto vozidel je v provedení 4x4 a 6x4. Ve skupině vozidel kategorie N3 se nachází i jedno speciální vozidlo – automobilní jeřáb AD 080, na podvozku PV3S. Všechna vozidla této kategorie jsou vybavená závěsným zařízením pro připojení nákladního přívěsu. Společnost vlastní nákladní přívěsy sklápěčkové, nákladní přívěs pro převoz stavebních strojů a speciální oplenový přívěs pro převoz ocelového a plastového potrubí.

Obnova osobních automobilů a přípojných vozidel není předmětem této diplomové práce, proto již tato silniční vozidla nebudou nadále zmiňována.

Přehled nákladních vozidel kategorie N3 je uveden v následující tabulce.

Tabulka 1: Nákladní automobily stavební společnosti

Nákladní automobily				
č.	RZ	Typ	Rok výroby	Stáří k r. 2009 [roky]
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	1998	11
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	2005	4
3	5T9 1349	MAN TGS	2008	1
4	KIA 41 98	PV3S Jeřáb	1984	25
5	KIA 80 47	Avia A31	1998	11
6	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	2000	9
7	3T0 48 61	Lublin 3	2005	4
8	5T5 8021	IVECO Dailly 50	2008	1
9	KIA 63 06	Avia A 31	1996	13
10	KIT 60 86	IVECO Dailly 35	2002	7
11	KIA 72 47	Avia A 31	1997	12
12	KIR 34 53	Daewoo Lublin 3	1999	10
Průměrné stáří vozidel				9 let



Obrázek 1: Četnost zastoupení kategorií nákladních vozidel ve vozidlovém parku

1.4 Stavební stroje

Výrobní proces stavební společnosti, zabývající se výstavbou inženýrských sítí, je v převážné míře charakterizován zemními pracemi. Zemní práce se podílejí na celkovém objemu stavebních a stavebně-montážních prací cca 70% podílem. Rostoucí poptávka stavební výroby v současné době vyžaduje výkonné stavebnictví. Stavební práce musí být spolehlivě realizovány v nebývale krátkých termínech. Stavební stroje proto představují pro společnost strategicky důležitou výrobní základnu. Spolehlivost a výkon těchto výrobních prostředků umožňuje spolehlivé plnění závazků vůči investorům realizovaných staveb a zajišťuje udržování konkurenceschopnosti

s ostatními firmami. Výkonný a spolehlivý stroj je zárukou vysoké produktivity, proto výrobní management dbá na efektivní reprodukci důslednou údržbou a vhodnou obnovou tohoto výrobního zařízení.

Strojový park je tvořen v závislosti na prováděných zemních pracích, a jakým způsobem se jednotlivé stroje na této činnosti podílejí.

Tabulka 2: Podíl stavebních strojů na provádění zemních prací

Podíl strojů na provádění zemních prací [%]			
Lopatová rypadla	Čelní nakladače	Zhutňování zeminy	Ruční práce
64,5	18,5	15	2

Lopatová rypadla reprezentují většinu strojového parku. Tuto skupinu strojů tvoří rypadla na kolových, ale i pásových podvozcích. V převážné míře je tento druh stavebního stroje zastoupen stroji značky Caterpillar. Tyto stroje se vyznačují vysokou spolehlivostí, výkonem a pracovním komfortem. Technické zázemí těchto strojů je na velice dobré úrovni. Dobrá dostupnost náhradních dílů umožňuje minimalizaci skladových zásob pro tento typ strojů.

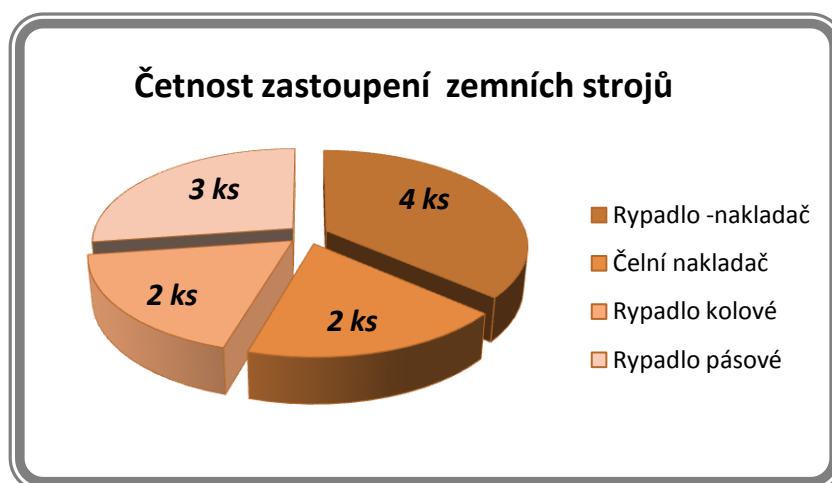
Čelní nakladače jsou zastoupeny převážně stroji s kolovými podvozky. Jsou používány čelní nakladače typu Backhoe - Loader – CAT 428, CAT 432 s řízenou přední nápravou nebo smykem řízené čelní nakladače CAT 277, UNC Locust 750.

Stroje pro zhutňování zeminy nejsou předmětem této diplomové práce, proto nadále již nebudou zmiňovány.

Počet odpracovaných motohodin se ročně pohybuje okolo 800 až 1000 MH. Některé druhy strojů lze vybavit přídatným zařízením jako např. paletizační vidlice, bourací kladivo, vrták, svahovací lžice apod. Čelní nakladače používají víceúčelové nakládací lopaty o objemech 0,5 m³ až 1,03 m³. Rypadla typu Backhoe–Loader mají hydrodynamický pohon s přenosem výkonu na všechna čtyři kola. Jsou opatřena automatickou nebo manuální převodovkou s hydrodynamickým měničem momentu. Tato koncepce umožňuje strojům přesuny po pozemních komunikacích s max. rychlostí 40 km·hod⁻¹. Ostatní stroje mají pohon hydrostatický.

Tabulka 3: Stavební stroje společnosti

Stavební stroje			
č.	Typ stroje	Rok výroby	Stáří k r. 2009 [roky]
1	Caterpillar 432 D	2003	6
2	Caterpillar 432 E	2008	1
3	Caterpillar 428 B	1995	14
4	Caterpillar 277B	2006	3
5	Caterpillar M315	1997	12
6	Zeppelin ZRH 16	1996	13
7	Zeppelin ZM 85 C	2002	7
8	Bobcat MX 444	2006	3
9	UNC Locust 750	2000	9
10	Komatsu WD 93	2000	9
11	Hyundai R 160 LC	2007	2
Průměrné stáří strojů			7,2 let



Obrázek 2: Grafické znázornění četnosti druhů zemních strojů

2 Analýza současného parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů

Na vozidlech a strojích bude provedená analýza jejich stavu, za účelem získání potřebných dat, nezbytných k realizaci cíle této diplomové práce, tj. návrhu obnovy vozidlového a strojového parku.

2.1 Životní cyklus vozidel a stavebních strojů

Ekonomický tlak působící v důsledku konkurenčního prostředí mezi druhy doprav, vede management společností k nutnosti nahlížet na problematiku hospodaření s vozidly a stavebními stroji z dlouhodobého hlediska. Posuzují se náklady spojené s pořízením vozidla, jeho provozem, opravami, údržbou i likvidací. Tento pohled je znám pod pojmem náklady životního cyklu (LCC). Nutnost hledání ekonomických úspor vedla výrobce a provozovatele vozidel rozpracovat a analyzovat životní cyklus na jednotlivé etapy. Tyto etapy nejsou vzájemně izolovány, ale představují logicky navazující oblasti [9].

Základní podmínky hodnocení LCC:

- orientační doba provozu vozidla delší než jeden rok,
- náklady na pořízení vozidla představují menší část celkových nákladů na vozidlo.

2.2 Náklady životního cyklu vozidel a stavebních strojů

Život objektu lze rozdělit na šest etap:

1. Etapa koncepce a stanovení požadavků.
2. Etapa návrhu a vývoje.
3. Etapa výroby.
4. Etapa uvedení do provozu.
5. Etapa provozu.
6. Etapa likvidace.

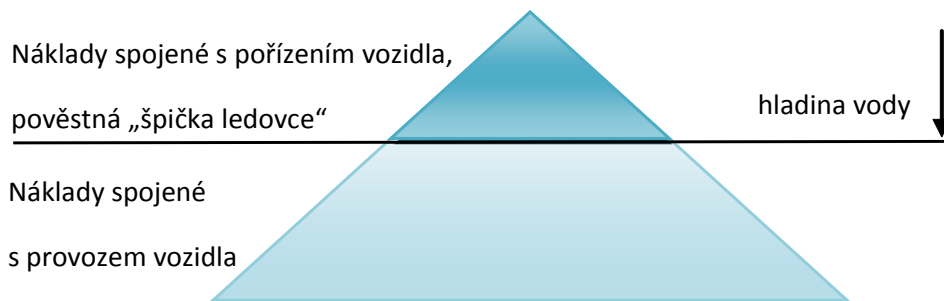
Náklady životního cyklu výrobku tvoří:

$$LCC = N_p + N_v \quad (LCC - \text{Life Cycle Cost})$$

kde:

N_p – pořizovací náklady vlastníka vozidla (stroje) [Kč], jsou tvořeny náklady na 1. až 4. etapu. Jsou obecně zřejmé, lze je vyhodnotit před rozhodnutím o pořízení vozidla (stroje).

N_v – vlastnické náklady [Kč], jsou tvořeny náklady na provoz, údržbu, opravy a likvidaci vozidla (stroje). Tvoří hlavní skupinu nákladových položek LCC, nejsou však tak dobře „viditelné“, obtížně se odhadují, nese je především uživatel vozidla.



Obrázek 3: Ilustrace dělby nákladů LCC

2.3 Analýza spolehlivosti parku nákladních vozidel a stavebních strojů

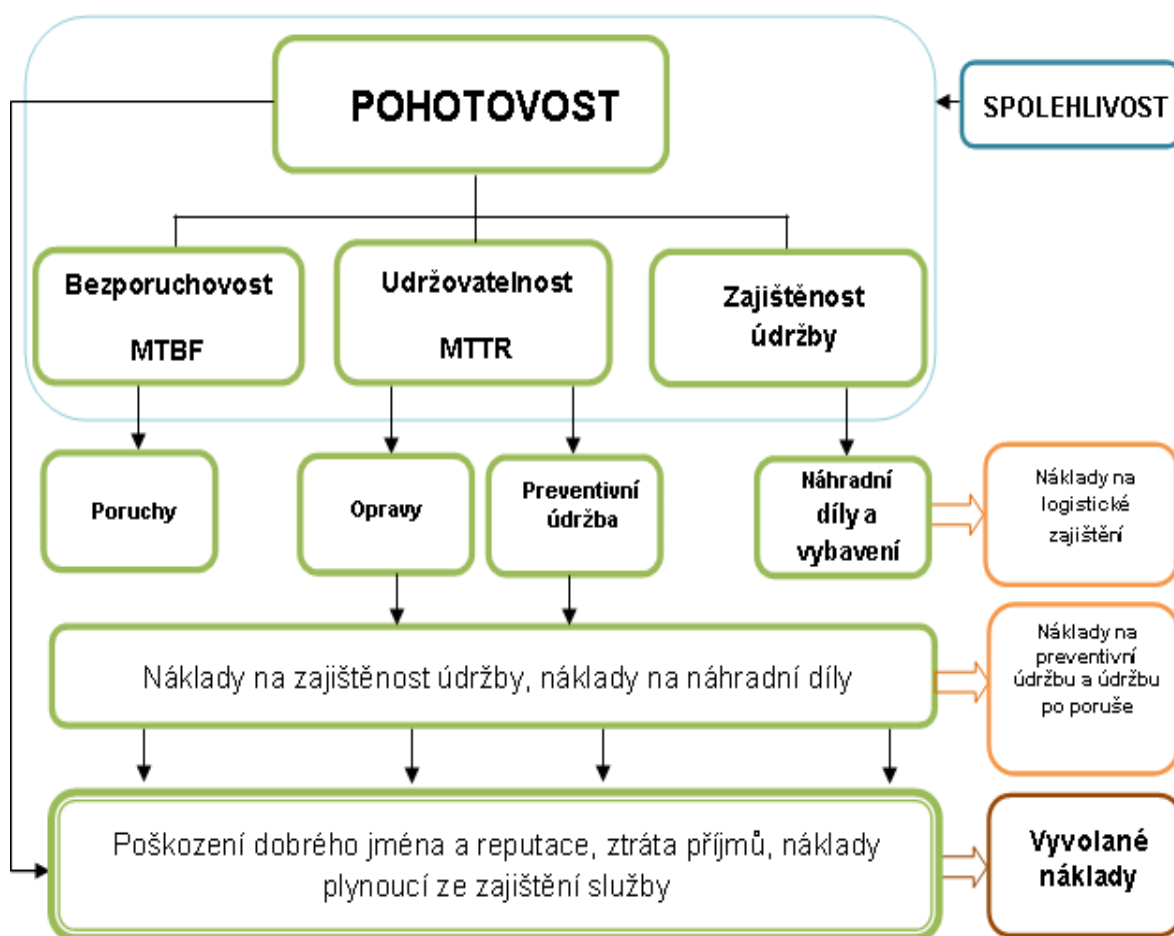
Analýza parametrů spolehlivosti bude provedena za účelem získání přehledu o průběhu vývoje činitelů spolehlivosti během celého předešlého provozu vozidel a stavebních strojů. Dosažená úroveň provozní spolehlivosti vozidel a stavebních strojů úzce souvisí s vynaloženými náklady na provoz těchto výrobních prostředků. Výsledné údaje analýzy budou použity v technicko-ekonomickém posouzení navrhovaných opatření této diplomové práce.

Spolehlivost výrobních zařízení podstatně ovlivňuje plnění závazků realizovaných stavebních prací. Spolehlivý výrobní prostředek, spolu s kvalifikovanou obsluhou, tvoří záruku vysoké produktivity, která je vzhledem k sezónní činnosti stavební společnosti velmi významná. Pravidelná a kvalitní údržba je velmi důležitá pro spolehlivost výrobních zařízení. S úrovní údržby však úzce souvisí i velikost některých vlastnických nákladů na provoz těchto zařízení.

Vlastnické náklady související s úrovní bezporuchovosti:

- Náklady na údržbu (náklady spojené s odstraňováním poruch).
- Náklady na preventivní údržbu (náklady spojené s prováděním preventivní údržby podle předepsaných kritérií se zaměřením na snížení pravděpodobnosti výskytu poruchy nebo k zamezení funkční schopnosti zařízení).
- Náklady z důvodu nepohotovosti výrobního zařízení (finanční ztráty plynoucí z neplnění závazných termínů nebo nutnost vynaložení dalších mimořádných výdajů

např. za pronájem náhradních strojů či vozidel, náklady z odpovědnosti za škody způsobené v důsledku poruchy zařízení, náklady mající negativní dopad na image a dobré jméno apod.).



Obrázek 4: Vztah mezi spolehlivostí a náklady na provoz a údržbu výrobního zařízení

Základní doba preventivní údržby výrobních zařízení je u stavební společnosti stanovena na základě doporučených údržbových plánů výrobců jednotlivých vozidel a strojů. U starších vozidel a některých stavebních strojů, které se nevyznačují přílišnou inherentní spolehlivostí, se preventivní údržba přizpůsobuje intenzitě poruch, jejichž výskyt je v závislosti na stáří výrobních zařízení vyšší. Toto opatření s sebou přináší navýšení provozních nákladů daného výrobního zařízení. Vzniklé navýšení se však diametrálně liší od ztrát, které by nastaly v důsledku jejich nepohotovosti. Nepohotovost výrobního zařízení tak výrazně ovlivňuje nepřímé náklady na jeho provoz.

V analýze spolehlivosti budou určovány následující parametry:

Doba preventivní údržby – je součet všech dílčích dob údržby během sledovaného období.

$$T_{PU} = \sum_{i=1}^n t_{pui} \quad [h] \quad (1.2)$$

t_{pui} – doba údržby i-tého údržbového zásahu [h]

n – počet údržbových zásahů [-]

Doba použitelného stavu (doba provozu) – je celková doba použitelného stavu za sledované období, tj. stavu, po který byl daný objekt schopen provozu. Vzhledem k charakteru stavebních činností společnosti je uvažováno s možnou dobou provozu $2860 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$.

$$T_{PC} = \sum_{i=1}^n t_{pi} \quad [h] \quad (2.2)$$

t_{pi} – doba provozu i-tého sledovaného období [h]

n – počet období [-]

Doba opravy – (doba do obnovy) – je celková doba, po kterou byl daný objekt v obnově (v opravě), přičemž preventivní údržba nebo jiné plánované zásahy, které způsobí, že objekt není způsobilý provádět požadovanou funkci, se neuvažují.

$$\tau_o = \sum_{i=1}^n \tau_i \quad [h] \quad (3.2)$$

τ_o – doba obnovy [h]

τ_i – doba obnovy i-tého sledovaného období [h]

Doba údržby – je součet celkové doby preventivní údržby a celkové doby opravy daného objektu.

$$T_U = \sum_{i=1}^n t_{pui} + \sum_{i=1}^n \tau_i \quad [h] \quad (4.2)$$

Ustálený součinitel pohotovosti – je poměr střední doby provozu k součtu střední doby provozu a střední doby údržby.

$$A_o = \frac{T_{s \text{ mezi poruchami}}}{T_{s \text{ mezi poruchami}} + T_{s \text{ údržby}}} [-] \quad (5.2)$$

$T_{s \text{ mezi poruchami}}$ – střední doba provozu [h]

$T_{s \text{ údržby}}$ – střední doba údržby [h]

Střední doba provozu, střední doba údržby – pro tyto výpočty bude použit vztah pro výpočet střední hodnoty Weibullova rozdělení [9].

$$T_{s (mezi \text{ poruchami}; \text{údržby})} = t_o \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) [h] \quad (6.2)$$

t_o - parametr měřítka [h]

m – parametr tvaru [-]

Γ – gama funkce (tabelována)

2.4 Základní pojednání o náhodné veličině

V oblasti spolehlivosti technických systémů veličiny, jako doba do poruchy, doba mezi poruchami nebo počet poruch během časového intervalu, nabývají různých hodnot, a to s určitou pravděpodobností. Představují tak náhodnou veličinu. Náhodná veličina může nabývat libovolných hodnot v určitém intervalu, představuje-li například čas nebo nabývá pouze určité hodnoty, kupříkladu nezáporná celá čísla. Pak je možné rozlišovat:

- spojitou náhodnou veličinu,
- diskrétní náhodnou veličinu.

Zákonitost, která přiřazuje hodnotám náhodné veličiny jejich pravděpodobnosti, je označována jako rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny [9].

K popisu rozdělení pravděpodobnosti a určení jejich charakteristických hodnot používáme tzv. základní charakteristiky náhodné veličiny:

- distribuční funkce,
- doplněk k distribuční funkci,
- hustota pravděpodobnosti,
- pravděpodobnostní funkce,
- intenzita náhodné veličiny,

- střední hodnota,
- rozptyl,
- kvantil atd.

2.4.1 Spojitá náhodná veličina

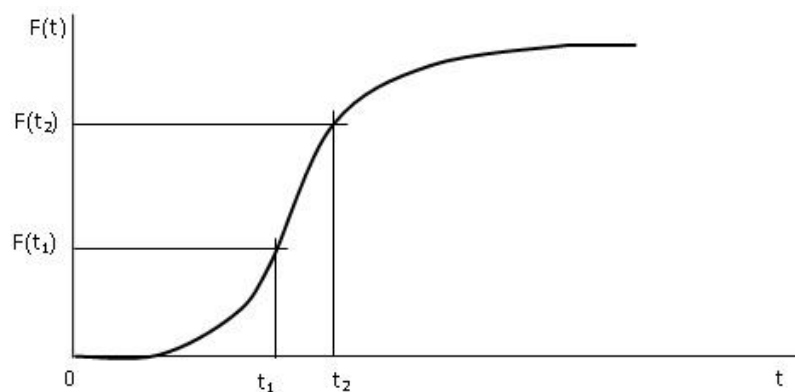
Distribuční funkce $F(t)$ – je definována jako pravděpodobnost, že náhodná veličina T nabude hodnoty menší nebo rovné zadané hodnotě t . Tato charakteristika je definována shodně pro diskrétní i spojitou náhodnou veličinu. Spojitá náhodná veličina nabývá nespočetně mnoha reálných hodnot. Jejím oborem hodnot je interval (ohraničený nebo neohraničený). Pak platí:

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt \quad (7.2)$$

kde:

t – hodnota náhodné veličiny T ,

$f(t)$ – hustota pravděpodobnosti náhodné veličiny.



Obrázek 5: Distribuční funkce spojitě náhodné veličiny

Pravděpodobnost, že náhodná veličina náleží do intervalu $\langle t_1, t_2 \rangle$, je dána vztahem:

$$P(t_1 < T \leq t_2) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt. \quad (8.2)$$

Vlastnosti distribuční funkce spojitě náhodné veličiny:

- je nezáporná a nabývá hodnoty z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$,
- je neklesající, tedy $F(t_2) \geq F(t_1)$ pro všechna $t_2 \geq t_1$,
- mezi hustotou pravděpodobnosti a distribuční funkcí platí vztah:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}, \quad (9.2)$$

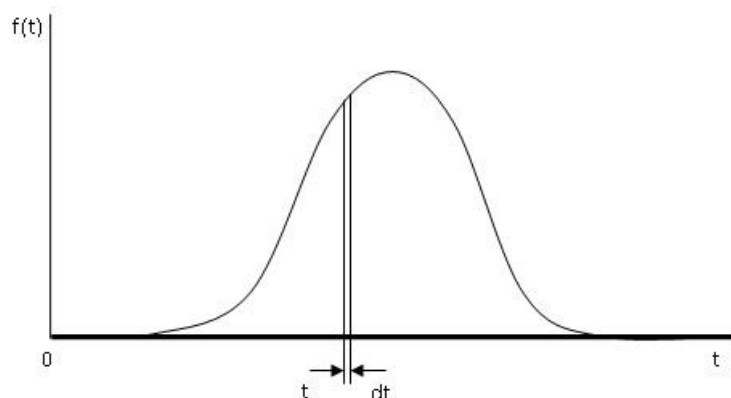
za předpokladu, že existuje derivace $F(t)$ podle t .

Doplňěk k distribuční funkci $R(t)$ – představuje pravděpodobnost, že náhodná veličina T nabude hodnoty větší, než hodnota t . Jedná se o doplněk distribuční funkce $F(t)$ do jedničky. Tuto funkci můžeme chápat jako pravděpodobnost bezporuchového stavu (bezporuchovost) v čase t .

$$R(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (10.2)$$

Hustota pravděpodobnosti náhodné veličiny $f(t)$ – vyjadřuje pravděpodobnost, že náhodná veličina T nabude hodnoty z nekonečně malého intervalu dt . Pak platí:

$$f(t)dt = P(t \leq T \leq t + dt) \quad (11.2)$$



Obrázek 6: Definice hustoty pravděpodobnosti spojitě náhodné veličiny $f(t)$

Vlastnosti hustoty pravděpodobnosti:

- Je nezáporná, $f(t) \geq 0$,
- velikost plochy pod křivkou je rovna jedné:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)dt = 1, \quad (12.2)$$

- pravděpodobnost, že náhodná veličina T nabude hodnoty z intervalu $\langle t_1, t_2 \rangle$ je dána:

$$P(t_1 < T \leq t_2) = F(t_2) - F(t_1) \quad (13.2)$$

Za předpokladu, že existuje derivace distribuční funkce, lze vyjádřit hustotu pravděpodobnosti náhodné veličiny s využitím vztahu:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (14.2)$$

Intenzita náhodné veličiny $\lambda(t)$ – představuje podmíněnou pravděpodobnost toho, že jev nastane během nekonečně malého intervalu dt za podmínky, že do okamžiku t jev dosud nenastal. Můžeme ji vyjádřit pomocí vztahu:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (15.2)$$

V odvětví posuzování spolehlivosti se intenzita náhodné veličiny (intenzita poruch) obvykle udává v jednotkách hod^{-1} . Uvažujeme-li výkonový parametr jako kilometrový proběh, nabývá intenzita poruch rozměr km^{-1} a udává se v jednotkách 1000 km^{-1} .

2.4.2 Charakteristika náhodné veličiny

U náhodných veličin, spojitých i diskrétních, je možné pozorovat, že většina jejich hodnot se soustřeďuje kolem „charakteristické polohy“. Jsou pro náhodnou veličinu typické a takovými charakteristikami rozumíme *střední hodnotu, medián a modus* [10].

Střední hodnota (očekávaná hodnota) – je někdy označována také jako střední doba poruchy nebo střední doba do poruchy, je definována jako střední hodnota náhodné veličiny t . Je to integrální hodnota, která vyjadřuje bezporuchovost jediným údajem. Nejčastěji se používá vyjádření:

$$T_s = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (16.2)$$

V případě, kdy střední doba bezporuchového provozu není postačující k posouzení bezporuchovosti zkoumaného objektu, určujeme ještě *rozptyl náhodné veličiny*:

$$D(T) = \int_0^{\infty} (t - T_s)^2 \cdot f(t) dt \quad (17.2)$$

Směrodatná odchylka σ – se stanoví jako odmocnina rozptylu $D(T)$:

$$\sigma(T) = +\sqrt{D(T)} \quad (18.2)$$

2.4.3 Diskrétní náhodná veličina

Diskrétní náhodná veličina je charakterizována pravděpodobnostní funkcí náhodné veličiny $p(x)$. Tato funkce je definována jako pravděpodobnost, že náhodná veličina X nabude hodnoty x . Pak platí:

$$p(x) = P(X = x) \quad (19.2)$$

Distribuční funkce diskrétní náhodné veličiny $F(x)$ – můžeme pak vyjádřit pomocí vztahu:

$$F(x) = P(X = x) = \sum_{x_j < x} p(x_i) \quad (20.2)$$

Charakteristiky a polohy náhodné veličiny:

Číselné charakteristiky náhodné veličiny popisují vlastnosti náhodné veličiny s využitím jedné nebo více číselných hodnot.

Střední hodnota náhodné veličiny $E(X)$ – je základní charakteristikou polohy náhodné veličiny, kolem které se hodnoty náhodné veličiny při opakování pokusů náhodně umisťují. Pro diskrétní náhodnou veličinu platí:

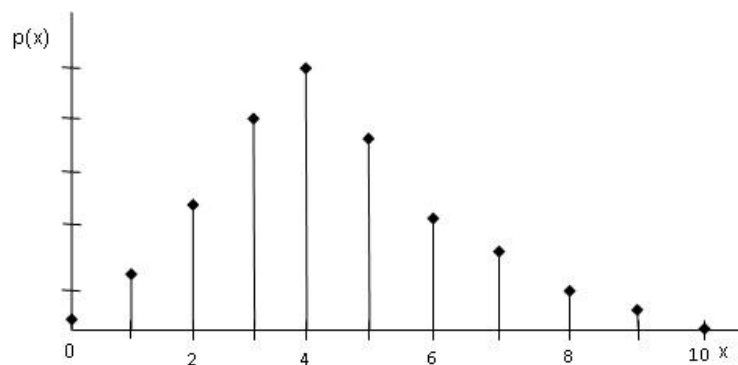
$$E(X) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p(x_i) \quad (21.2)$$

kde:

x_i – hodnoty náhodné veličiny pro $i = 1, 2, \dots, n$,

$p(x_i)$ – hodnoty pravděpodobnostní funkce náhodné veličiny

Pravděpodobnosti jednotlivých hodnot x jsou vyjádřeny funkcí $p(x)$. Její grafické vyjádření vidíme na obrázku č. 7.



Obrázek 7: Pravděpodobnostní funkce diskrétní náhodné veličiny $p(x)$

2.4.4 Vybrané zákony rozdělení pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny

Spolehlivost neobnovovaných výrobků a soustav se měří pravděpodobností bezporuchového provozu a odvozenými veličinami, jako je hustota poruch, intenzita poruch a střední doba bezporuchového provozu [10]. Zkoumané strojní zařízení je obvykle sledováno v čase, někdy se spolehlivost zařízení porovnává v závislosti na jiném výkonovém parametru jako například kilometrovém proběhu nebo nezávisle proměnnou může představovat počet odpracovaných motohodin. Porucha tak může nastat při libovolné hodnotě této nezávisle proměnné. Nezávisle proměnná je tedy spojitá, může nabýt libovolné hodnoty z intervalu $(0, \infty)$.

2.4.4.1 Exponenciální rozdělení

Ve spolehlivosti je toto rozdělení vhodné pro systémy, u nichž dochází k poruchám náhodně a náhle, bez opotřebení [10]. Intenzita poruch tohoto rozdělení je konstantní, označuje se λ a je rovna právě hodnotě parametru rozdělení λ , tedy:

$$\lambda(t) = \lambda = \text{konst.} \quad [h^{-1}] \quad (22.2)$$

Hustota pravděpodobnosti $f(t)$ - je dána vztahem:

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad [-] \quad (23.2)$$

kdy:

$$\lambda > 0, \quad t \geq 0$$

Distribuční funkce je dána vztahem:

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = \int_0^t \lambda \exp(-\lambda t) dt = 1 - \exp(-\lambda t) \quad [-] \quad (24.2)$$

kdy:

$$\lambda > 0, t \geq 0$$

Střední hodnota rozdělení T_s – používá se také označení střední doba do poruchy, má rozměr např. hod, 10^3 km, 10^6 cyklů, MH.

Pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$ – nazýváme též jako funkce spolehlivosti, je dána vztahem:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp(-\lambda t) \quad [-] \quad \lambda > 0, t \geq 0 \quad (25.2)$$

Střední doba do poruchy u exponenciálního rozdělení je rovna převrácené hodnotě parametru λ , a proto je rozdělení zcela popsáno také střední hodnotou, která je dána vztahem:

$$T_s = \frac{1}{\lambda} \quad [h] \quad (26.2)$$

Intenzita poruch $\lambda(t)$ – je dána vztahem:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda \exp(-\lambda t)}{\exp(-\lambda t)} = \lambda = konst. \quad [h^{-1}] \quad (27.2)$$

2.4.4.2 Weibullovo rozdělení

Ve spolehlivosti se velmi často používá k modelování průběhu náhodné veličiny Weibullovo rozdělení. Je velmi variabilní a této vlastnosti se s výhodou využívá při posuzování bezporuchovosti technických objektů. Změnou parametru tvaru „nahrazuje“ jiné zákony rozdělení, např. exponenciální, aproximuje normální rozdělení. Pracujeme tak pouze s jedním tvarem rovnic, nemusíme používat rovnice pro další typy rozdělení [10].

Rozlišujeme Weibullovo rozdělení tříparametrické a dvouparametrické, které označujeme $W3p$ a $W2p$. Dvouparametrické $W2p$ rozdělení vzniká převedením z tříparametrického, kdy parametr polohy c položíme roven nule ($c=0$). Toto rozdělení se standardně používá pro běžné výpočty životností a výskytu poruch strojních zařízení.

Weibullovo rozdělení zahrnuje exponenciální rozdělení ($m = 1$), Rayleighovo rozdělení ($m = 2$) a aproximuje normální rozdělení ($m = 3,5$). Této vlastnosti se s výhodou využívá při posuzování bezporuchovosti technických objektů, protože výpočty vyžadující tři různá rozdělení jsou nahrazeny jedním vztahem [10].

Hustota pravděpodobnosti $f(t)$ – je u tohoto zákona dána vztahem:

$$f(t) = \frac{m}{t_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{m-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m\right] \quad t \geq 0 \quad (28.2)$$

W3p určují parametry:

t_0 – parametr měřítka, $t_0 > 0$

c – parametr polohy, $c \geq 0$

m – parametr tvaru, $m > 0$

Distribuční funkce $F(t)$ – je dána vztahem:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m\right] \quad t \geq 0 \quad (29.2)$$

Pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$ – je dána vztahem:

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m\right] \quad t \geq 0 \quad (30.2)$$

Intenzita poruch $\lambda(t)$ – je dána vztahem:

$$\lambda(t) = \frac{m}{t_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{m-1} \quad t \geq 0 \quad (31.2)$$

střední hodnota T_s – je dána vztahem:

$$T_s = t_0 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad (32.2)$$

kde:

Γ – gama funkce (tabelována).

2.4.4.3 Studentovo t -rozdělení

Náhodná veličina T_n má Studentovo t rozdělení s n stupni volnosti, pokud platí vztah:

$$T_n = \frac{Z}{\sqrt{\frac{\chi_n^2}{n}}} \quad (33.2)$$

kde:

Z – náhodná veličina s normovaným normálním rozdělením,

χ^2 – náhodná veličina s χ^2 rozdělením a s n stupni volnosti.

Počet stupňů volnosti n je jediným parametrem rozdělení. Pro vysoký počet stupňů volnosti ($n > 30$) se Studentovo t - rozdělení blíží normovanému normálnímu rozdělení. Využití tohoto rozdělení je při testování statistických hypotéz nebo při stanovení intervalového odhadu střední hodnoty náhodné veličiny [9].

Střední hodnotu $E(T_n)$ a rozptyl $D(T_n)$ Studentova t – rozdělení - můžeme určit ze vztahů:

$$E(T_n) = 0 \quad (34.2)$$

$$D(T_n) = \frac{n}{n-2} \quad (35.2)$$

2.4.5 Odhad parametrů zákona rozdělení

Ukazatelé spolehlivosti mohou být vyjádřeny ve formě konkrétních hodnot parametrů určitého typu rozdělení náhodné veličiny, nebo formou číselných charakteristik náhodné veličiny, například střední hodnota [10]. Pro jejich určení se využívají dva přístupy:

- bodový odhad,
- intervalový odhad.

Bodový odhad představuje jedinou číselnou hodnotu parametru spolehlivosti. Vychází z konkrétních dat náhodného výběru. Intervalový odhad charakterizuje ukazatel spolehlivosti celé populace (všech vyrobených výrobků). Tento odhad představuje interval, ve kterém se ukazatel spolehlivosti s předem stanovenou pravděpodobností nachází. Tuto pravděpodobnost nazýváme jako konfidenční úroveň, kterou stanovíme z následujícího vztahu:

$$C = 1 - \alpha \quad (36.2)$$

kde:

C – konfidenční úroveň,

α – hladina významnosti (představuje pravděpodobnost, že hodnota ukazatele spolehlivosti leží mimo stanovené meze).

2.4.5.1 Odhad parametrů metodou lineární regrese

Tato metoda využívá lineární regresi metodou nejmenších čtverců. Souborem dat je proložena přímka tak, aby součet druhých mocnin vzdáleností mezi body a proloženou

přímku byl minimální [10]. Pomocí získaného indexu determinace R^2 pak porovnáme věrohodnost nalezeného teoretického modelu. Index determinace nabývá hodnot z intervalu $< 0 ; 1 >$. Čím více se hodnota tohoto indexu blíží hodnotě jedna, tím více soubor dat přiléhá k proložené přímce a odhad parametrů navrženého modelu je věrohodnější. V případě že se hodnota indexu blíží nule, není navržený model vhodný pro navržená data, nebo se rozdělení pravděpodobnosti neřídí žádným zákonem a data jsou chaotická. Nahrazuje tak provedení testu dobré shody pro použitý zákon rozdělení. Ve spolehlivosti se tato metoda používá, pro rozdělení, u kterých se snadno linearizuje distribuční funkce. Pro bodový odhad parametrů Weibullova rozdělení je distribuční funkce popsána vztahem:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{t_0} \right)^m \right] \quad t \geq 0 \quad (37.2)$$

Tato rovnice se matematickou úpravou převede do tvaru rovnice přímky ve směnicovém tvaru, která je dána vztahem:

$$y = kx + q$$

Úpravou vzorce (37.2) dostáváme transformovaný vztah ve tvaru:

$$\ln\{-\ln[1 - F(t)]\} = m \cdot \ln(t) - m \cdot \ln(t_0)$$

V tomto tvaru osa x a osa y představují:

$$x = \ln(t)$$

$$y = \ln\{-\ln[1 - F(t)]\} \quad (38.2)$$

Z uvedeného vyplývá, že hodnota parametru tvaru m je rovna směrnici přímky k , tedy:

$$m = k$$

Parametr měřítka t_0 se vypočte z rovnice přímky následujícím způsobem:

$$q = -m \cdot \ln(t_0)$$

$$t_0 = \exp \left[- \left(\frac{q}{m} \right) \right] \quad (39.2)$$

2.4.5.2 Odhad parametrů metodou maximální věrohodnosti

Metoda maximální věrohodnosti je vhodná metoda pro bodový odhad parametrů rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny, dosahující kvalitních výsledků. Je vhodná

zejména pro větší rozsahy náhodných výběrů (minimálně 30 hodnot), její přesnost roste s rostoucím počtem dat získaných zkouškou.

Cílem metody je konstrukce věrohodnosti pro náhodný výběr t_1, t_2, \dots, t_n , pocházející z populace s určitým rozdělením pravděpodobnosti, popsaným hustotou pravděpodobnosti $f(t; \theta)$ s neznámou hodnotou parametru (nebo více parametrů) θ .

Funkce pravděpodobnosti je pak definována jako sdružená hustota pravděpodobnosti n nezávislých proměnných se shodným rozdělením tedy:

$$L(t_1, t_2, \dots, t_n; \theta) = f(t_1; \theta) \cdot f(t_2; \theta) \cdot \dots \cdot f(t_n; \theta) = \prod_{j=1}^n f(t_j; \theta)$$

Hodnota neznámého parametru θ se získá nalezením lokálního extrému (maxima) funkce věrohodnosti. Pro snadnější výpočet funkce věrohodnosti přechází do logaritmického tvaru Λ , tedy:

$$\Lambda = \ln L(t_1, t_2, \dots, t_n) = \sum_{j=1}^n \ln f(t_j; \theta)$$

Hodnota neznámého parametru θ se pak získá řešením rovnice, představující nalezení lokálního extrému funkce Λ , tedy:

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \theta} = 0 \quad (40.2)$$

Je-li rozdělení charakterizováno více parametry, provádí se derivace funkce věrohodnosti podle všech těchto parametrů. Získá se pak takový počet rovnic, kolik je neznámých hodnot parametrů rozdělení [10].

2.5 Analýza bezporuchovosti

V následující části bude provedena analýza bezporuchovosti nákladních vozidel. Z důvodu zredukování obsahu, bude v tomto bodě provedená analýza parametrů pouze jednoho vozidla a stroje. Analýzy zbývajících jsou doloženy v příloze. Data jsou zpracována pomocí tabulkového procesoru EXCEL. Na analyzovaných datech můžeme pozorovat, že při stárnutí techniky dochází vlivem působení provozních faktorů k většímu počtu selhání za vyšších nároků na dobu preventivní údržby. Tato skutečnost negativně ovlivňuje pohotovost objektů přímé a nepřímé provozní náklady na jejich provoz.

Pro zobrazení průběhu náhodné veličiny, představující doby do poruchy nákladního vozidla, byl sestrojen histogram četností.

Šířka třídy byla stanovena dle empirického vztahu:

$$\Delta T = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3,3 \cdot \log N} = 52 \cong 80 \quad (41.2)$$

Kde $N = 39 \Rightarrow 5$ tříd

Relativní a kumulativní četnost určíme ze vztahu:

$$X_i = \frac{r_i}{N} \quad pro \ i = 1, \dots, n \quad (42.2)$$

$$C_i = \sum_{i=1}^n X_i \quad pro \ i = 1, \dots, n \quad (43.2)$$

Kde:

r_i – je absolutní četnost poruch náležící do i-té třídy [-],

N – je celkový počet poruch [-],

i – je pořadové číslo třídy [-],

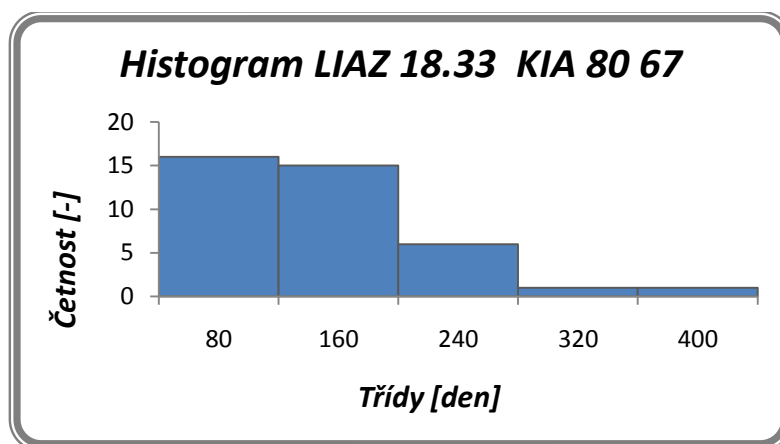
n – celkový počet tříd [-].

Tabulka 4: Doby do poruchy za celkové období nákladního vozidla LIAZ 18.33 SA, KIA 80 67

Nákladní vozidlo		
Typ		Rok výroby
LIAZ 18,33.SA		1998
Druh nástavby		Sklápěčková
Rok	Počet poruch - N [rok ⁻¹]	Doba mezi poruchami [den]
1998	1	145
1999	1	131
2000	2	342, 154
2001	2	248, 207
2002	3	114, 37, 234
2003	4	77, 204, 46, 40
2004	4	82, 36, 106, 108
2005	3	134, 58, 225
2006	5	62, 93, 82, 47, 90
2007	4	87, 22, 126, 123
2008	5	87, 16, 35, 205, 18
2009	5	78, 28, 45, 186, 33

Tabulka 5: Data histogramu četností poruch

Třídy [den]	Četnost [-]
80	16
160	15
240	6
320	1
400	1



Obrázek 8: Histogram četností poruch vozidla LIAZ 18.33 SA

2.5.1 Odhad parametrů zákona rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny

Pro odhad parametrů zákona rozdělení bude použito Weibullova - W2p rozdělení. Odhad parametrů tohoto rozdělení bude proveden analytickou metodou. Tato metoda využívá techniky proložení empirických dat přímkou metodou nejmenších čtverců [9].

Distribuční funkce **W2p** rozdělení je dána následujícím vztahem [9]:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{t_0} \right)^m \right] \quad t \geq 0 \quad (44.2)$$

m – parametr tvaru [-]

t₀ – parametr měřítka t₀ [h]

tento vztah je nutno upravit tak, aby bylo možné zavést substituci rovnicí přímky.

Úprava vztahu:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{t_0} \right)^m \right]$$

$$1 - F(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{t_0} \right)^m \right]$$

$$\ln(1 - F(t)) = -\left(\frac{t}{t_o}\right)^m$$

$$\ln(-\ln(1 - F(t))) = m \cdot \ln t - m \cdot \ln t_o$$

Zavedení substituce:

$$y = \ln(-\ln(1 - F(t))) \quad [-] \quad (45.2)$$

$$kx = m \cdot \ln t \quad [-] \quad (46.2)$$

$$q = -m \cdot \ln t_o \quad [-] \quad (47.2)$$

Empirické hodnoty doby mezi poruchami uvažovaného objektu byly seřazeny vzestupně (tab. č. 6), a použity k odhadu mediánového pořadí $F_i(m)$ dle následujícího vztahu:

$$F_i(m) = \frac{n_i - 0,3}{n + 0,4} \quad (48.2)$$

n_i – je pořadové číslo poruchy [-]

n – celkový počet poruch [-]

Následuje sestrojení grafu. Pro sestrojení grafu byly použity dvojice hodnot $\ln t_i$ a y_i (viz tab. č. 6). Vzniklými body v grafu byla proložena přímka metodou nejmenších čtverců. Získaná rovnice přímky byla použita k odhadu $W2p$ rozdělení.

Rovnice přímky byla porovnána se vztahy (46.2 a 47.2). Směrnice přímky odpovídá hodnotě parametru tvaru m , parametr měřítka t_o byl vypočten následující úpravou vztahu (47.2).

$$q = -m \cdot \ln t_o$$

$$\ln t_o = -\frac{q}{m}$$

$$t_o = \exp\left(-\frac{q}{m}\right) \quad [den] \quad (49.2)$$

Parametr m byl získán z rovnice regrese (50.2), zobrazené v grafu lineární regrese na obrázku č. 9. Rovnice regrese byla vytvořena v prostředí EXCEL při konstrukci grafu použitím příkazu „zobrazit rovnici regrese“.

$$y = 1,5361x - 7,3362 \quad (50.2)$$

Parametr tvaru m: $y = 1,5361x \Rightarrow m = 1,5361 [-]$

Hodnota q: $q = -7,3362 [-]$

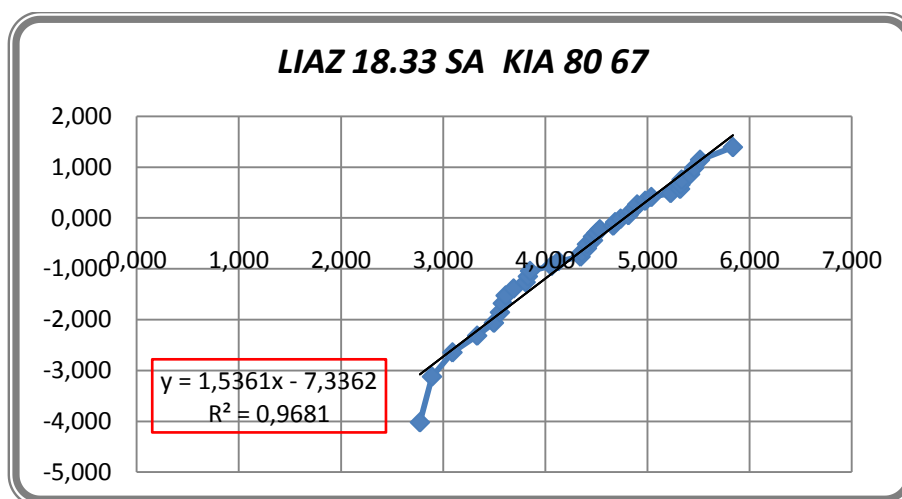
Ze získaných dat můžeme vypočítat střední dobu do provozu T_s :

$$T_{s \text{ mezi poruchami}} = t_o \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) [\text{den}] \quad (51.2)$$

Uvedený postup byl realizován pomocí tabulkového procesoru EXCEL. Tabulka se vstupními údaji pro konstrukci grafu lineární regrese bude pro názornost uvedena pouze zčásti. Celá tabulka je pak uvedena v příloze A.

Tabulka 6: Příklad hodnot pro sestavení grafu lineární regrese

LIAZ 18.33 SA KIA 80 67				
P.č.	Doba mezi poruchami t_i [den]	Odhad $F(m)$	y_i	$\ln t_i$
1	16	0,018	-4,021	2,773
2	18	0,043	-3,121	2,890
3	22	0,069	-2,645	3,091
4	28	0,094	-2,317	3,332
5	33	0,119	-2,063	3,497



Obrázek 9: Graf lineární regrese parametrů spolehlivosti vozidla LIAZ 18.33 SA

Výpočet parametru měřítka t_o :

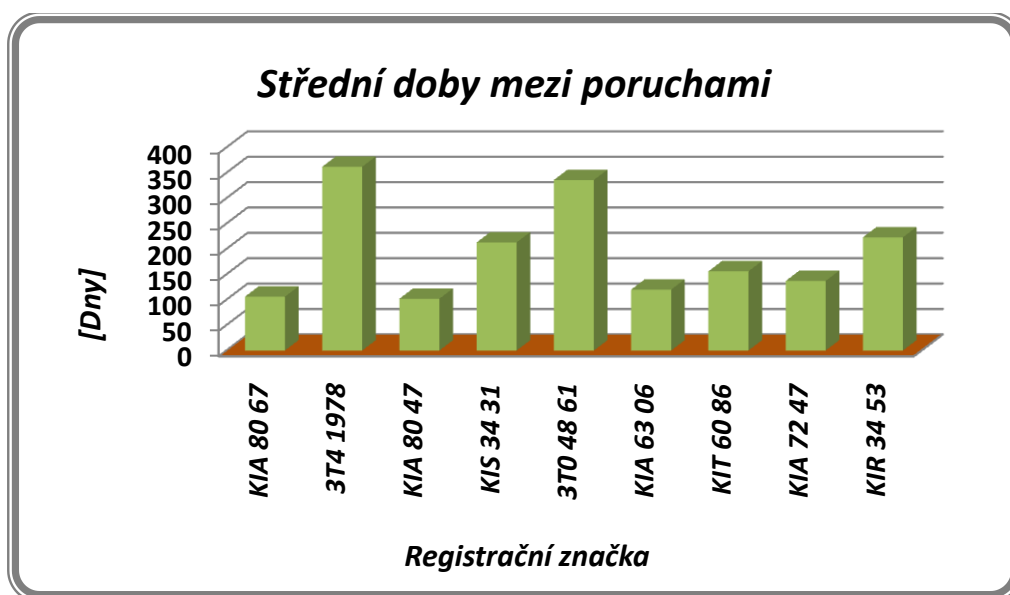
$$t_o = \exp\left(-\frac{q}{m}\right) = t_o = \exp\left(\frac{7,3362}{1,5361}\right) \cong 119 \text{ dnů}$$

$$T_{s \text{ mezi poruchami}} = t_o \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) = 119 \cdot 0,8942 \cong 106 \text{ dnů}$$

Vypočtená střední doba mezi poruchami u vozidla LIAZ 18.33 SA, RZ: KIA 80 67 je 106 dnů. Pro ostatní vozidla byly vypočtené hodnoty $T_{s \text{ mezi poruchami}}$ zapracovány do následující tabulky.

Tabulka 7: Vypočtené střední doby mezi poruchami pro skupinu nákladních vozidel

Nákladní vozidla			
č.	RZ:	Typ	Střední doba mezi poruchami $T_{s \text{ mezi poruchami}}$ [dny]
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	106
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	362
3	KIA 80 47	Avia A31	102
4	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	213
5	3T0 48 61	Lublin 3	336
6	KIA 63 06	Avia A 31	120
7	KIT 60 86	IVECO Dailly	156
8	KIA 72 47	Avia A 31	137
9	KIR 34 53	Daewoo Lublin 3	223



Obrázek 10: Graf porovnání středních dob mezi poruchami u skupiny nákladních automobilů

Stejným způsobem byly analyzovány spolehlivostní parametry stavebních strojů. Obecně se stavební stroje vyznačují relativně vysokou inherentní spolehlivostí. Ve srovnání se silničními vozidly se však jedná o složitější technické zařízení, které jako systém, je tvořeno z více funkčních skupin a podskupin. Tato skutečnost se může v konečném důsledku projevit vyšší mírou poruchovosti daného zařízení. Velký vliv na

spolehlivost a životnost těchto strojů mají provozní podmínky, použitá technologie práce a zejména pak kvalita obsluhy. Selhání lidského faktoru obsluhy může výrazným způsobem ovlivnit náklady na opravy a údržbu těchto strojů. Proto je ve stavební společnosti tomuto aspektu věnována v rámci prevence velká pozornost.

Následuje stejný algoritmus výpočtů jako u skupiny nákladních vozidel:

Šířka třídy pro sestavení histogramu četností stavebního stroje Caterpillar 428 B byla stanovena dle empirického vztahu:

$$\Delta T = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3,3 \cdot \log N} 48 \cong 100$$

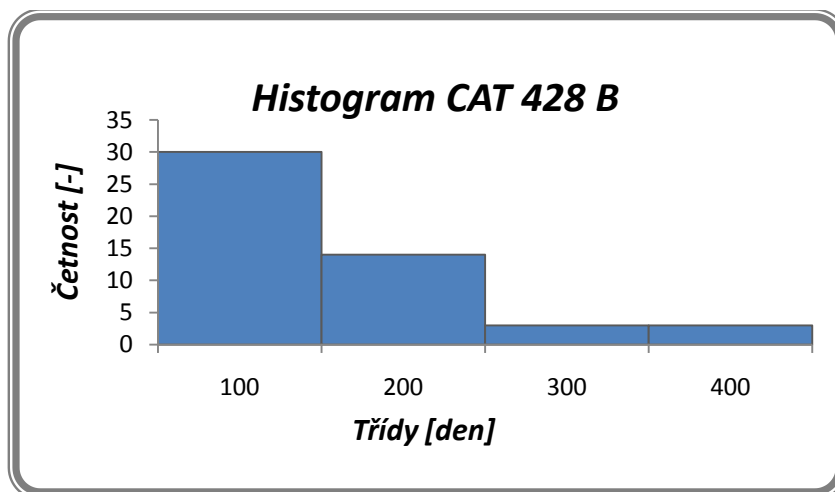
Kde $N = 50 \Rightarrow 4$ tříd.

Tabulka 8: Doby do poruchy za celkové období stroje Caterpillar 428 B

Typ		Rok výroby
CATERPILLAR 428 B		1995
Druh návstavy		Rypadlo- nakladač
Rok	Počet poruch - N [rok ⁻¹]	Doba mezi poruchami [den]
1995	0	0
1996	2	245, 191
1997	1	327
1998	2	124, 310
1999	1	333
2000	3	68, 125, 183
2001	4	141, 118, 71, 61
2002	2	115, 191
2003	3	95, 239, 86
2004	4	56, 118, 66, 135
2005	3	80, 145, 82
2006	8	158, 34, 48, 24, 28, 29, 52, 34
2007	6	41, 43, 132, 23, 59, 73
2008	5	98, 52, 118, 46, 17
2009	6	77, 52, 215, 25, 20, 24

Tabulka 9: Data pro sestavení histogramu

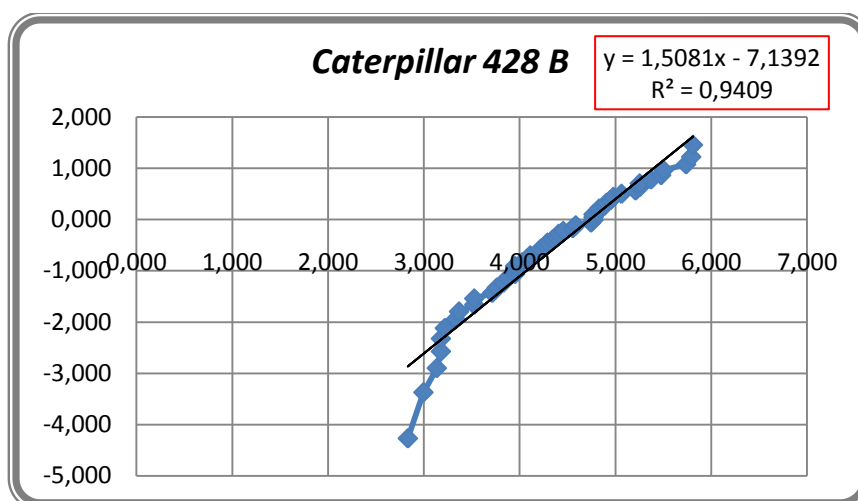
Třídy[den]	Četnost [-]
100	30
200	14
300	3
400	3



Obrázek 11: Histogram četnosti poruch stroje CAT 428

Tabulka 10: Hodnoty pro sestavení grafu lineární regrese

CAT 428 B				
P.č.	Doba mezi poruchami t_i [den]	Odhad $F(m)$	y_i	$\ln t_i$
1	17	0,014	-4,270	2,833
2	20	0,034	-3,372	2,996
3	23	0,054	-2,899	3,135
4	24	0,073	-2,574	3,178
5	24	0,093	-2,324	3,178
6	25	0,113	-2,120	3,219
7	28	0,133	-1,947	3,332
8	29	0,153	-1,797	3,367
9	34	0,173	-1,663	3,526
10	34	0,192	-1,543	3,526



Obrázek 12: Graf lineární regrese parametrů spolehlivosti stroje CAT 428 B

Výpočet parametru měřítka t_o :

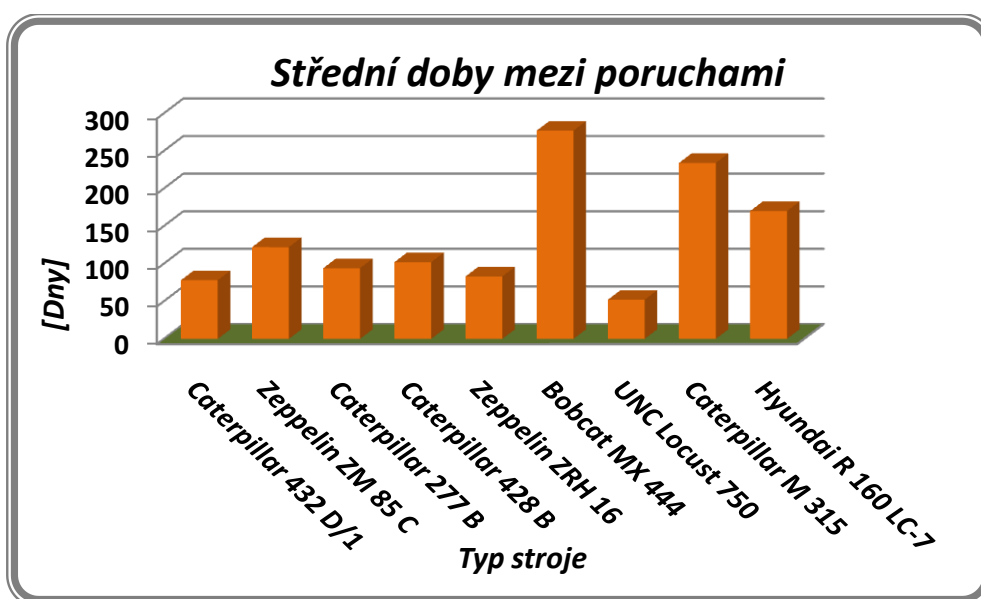
$$t_o = \exp\left(-\frac{q}{m}\right) = t_o = \exp\left(\frac{7,1392}{1,5081}\right) \cong 114 \text{ dnů}$$

$$T_{s \text{ mezi poruchami}} = t_o \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) = 114 \cdot 0,8938 \cong 102 \text{ dnů}$$

Vypočtená střední doba mezi poruchami u stroje CAT 428 B je 102 dnů. Pro ostatní stroje byly vypočtené hodnoty $T_{s \text{ mezi poruchami}}$ zapracovány do následující tabulky č.11.

Tabulka 11: Vypočtené střední doby mezi poruchami pro skupinu nákladních vozidel

Stavební stroje			
č.	RZ:	Typ	Střední doba mezi poruchami $T_{s \text{ mezi poruchami}}$ [dny]
1	TOO 1883	Caterpillar 432 D/1	78
2	TOO 1882	Zeppelin ZM 85 C	122
3	TOO 1910	Caterpillar 277 B	94
4		Caterpillar 428 B	102
5		Zeppelin ZRH 16	83
6		Bobcat MX 444	277
7		UNC Locust 750	52
8		Caterpillar M 315	234
9		Hyundai R 160 LC-7	170



Obrázek 13: Graf porovnání středních dob mezi poruchami u skupiny stavebních strojů

2.6 Analýza udržitelnosti

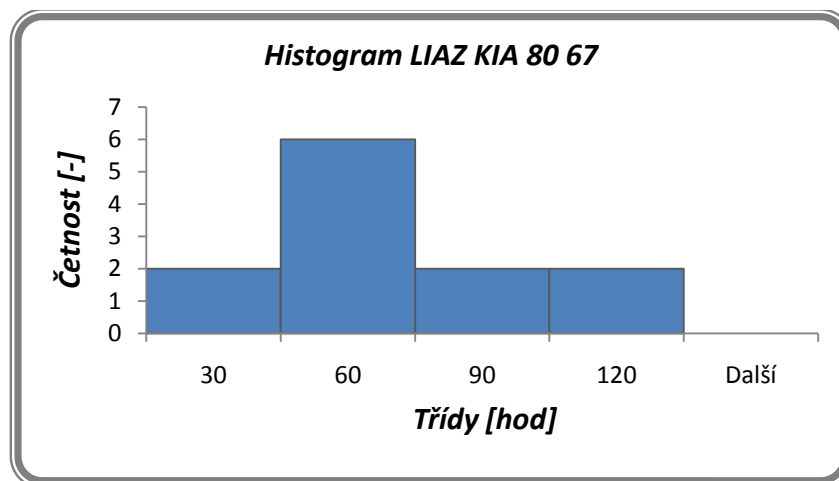
Udržitelnost předmětných výrobních zařízení bude analyzována stejným algoritmem jako bezporuchovost. Z analyzovaných dat získáme výpočet ustáleného součinitele pohotovosti pro skupinu nákladních vozidel a stavebních strojů. Pro následující výpočty byly použity vstupní data parametrů spolehlivosti z tab. č.12 a tab. č.14.

Tabulka 12: Analýza parametrů spolehlivosti vozidla

Nákladní vozidlo					
Typ		Rok výroby		RZ: KIA 80 67	
LIAZ 18.33 SA		1998			
Druh nástavby		Sklápěčková			
Rok	Počet poruch - N [rok ⁻¹]	Doba preventivní údržby -t _ú [hod]	Doba opravy - τ [hod]	Doba údržby t _ú [hod]	Pohotovost [hod] (z 2860 hod)
1998	1	14	4	18	2842
1999	1	14	6	20	2840
2000	2	21	24	45	2815
2001	2	24	22	46	2814
2002	3	32	17	49	2811
2003	4	24	29	53	2807
2004	4	40	20	60	2800
2005	3	24	36	60	2800
2006	5	40	32	72	2788
2007	4	32	56	88	2772
2008	5	48	48	96	2764
2009	5	40	72	112	2748
Celková doba provozu	Počet poruch za celé období	Celková doba preventivní údržby [hod]	Celková doba oprav [hod]	Celková doba údržby [hod]	Střední intenzita poruch [hod/por]
12 let	39	353	366	719	33601

Tabulka 13: Tabulka histogramu četností údržby vozidla LIAZ KIA 80 67

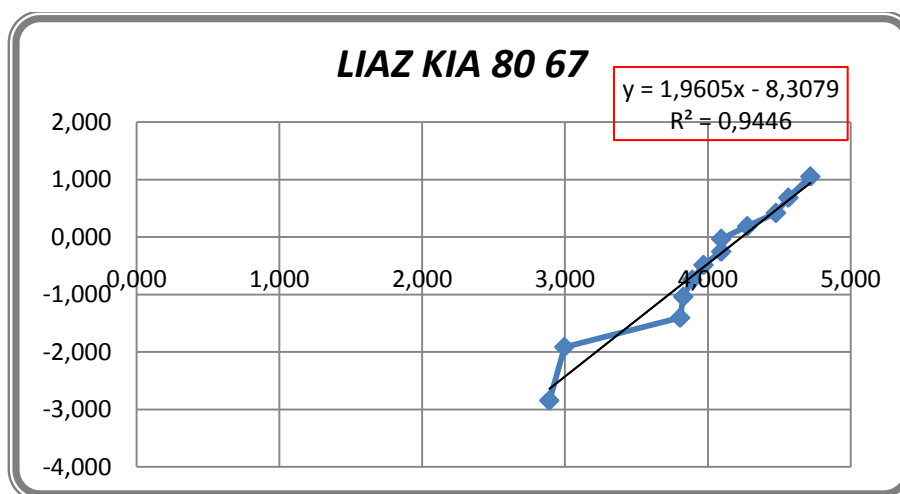
Třídy	Četnost [-]
30	2
60	6
90	2
120	2



Obrázek 14: Histogram četností údržby vozidla LIAZ KIA 80 67

Tabulka 14: Hodnoty pro sestavení grafu lineární regrese

LIAZ RZ: KIA 80 67				
P.č.	Doba údržby t_i [hod]	Odhad $F(m)$	y_i	$\ln t_i$
1	18	0,056	-2,845	2,890
2	20	0,137	-1,914	2,996
3	45	0,218	-1,404	3,807
4	46	0,298	-1,037	3,829
5	49	0,379	-0,741	3,892
6	53	0,460	-0,485	3,970
7	60	0,540	-0,252	4,094
8	60	0,621	-0,030	4,094
9	72	0,702	0,190	4,277
10	88	0,782	0,422	4,477
11	96	0,863	0,687	4,564
12	112	0,944	1,056	4,718



Obrázek 15: Graf lineární regrese parametrů udržitelnosti vozidla LIAZ KIA 80 67

Výpočet parametru měřítka t_o :

$$t_{ou} = \exp\left(-\frac{q}{m}\right) = t_o = \exp\left(\frac{8,3079}{1,9605}\right) \cong 69 \text{ h}$$

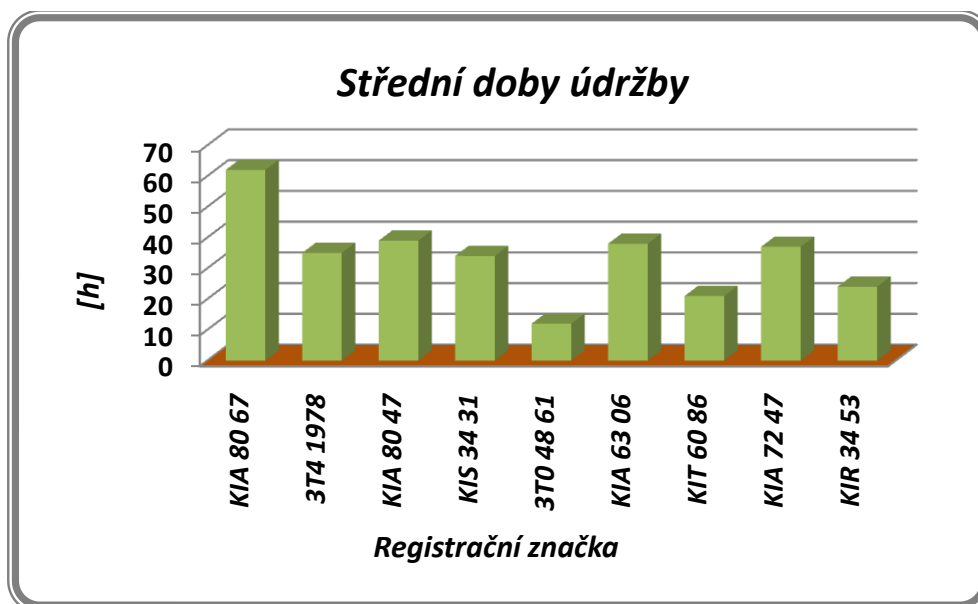
Výpočet střední doby údržby:

$$T_{s \text{ údržby}} = t_{ou} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) = 69 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{1,9605}\right) = 69 \cdot 0,9020 \cong 62 \text{ h}$$

Vypočtená střední doba údržby vozidla LIAZ 18.33 SA je 62 hodin. Pro ostatní vozidla byly vypočtené hodnoty $T_{s \text{ údržby}}$ zpracovány do následující tabulky.

Tabulka 15: Střední doby údržby skupiny vozidel

Nákladní vozidla			
č.	RZ:	Typ	Střední doba údržby $T_{s \text{ údržby}} [\text{h}]$
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	62
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	35
3	KIA 80 47	Avia A31	39
4	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	34
5	3T0 48 61	Lublin 3	12
6	KIA 63 06	Avia A 31	38
7	KIT 60 86	IVECO Daily	21
8	KIA 72 47	Avia A 31	37
9	KIR 34 53	Daewoo Lublin 3	24



Obrázek 16: Graf střední doby údržby nákladních automobilů

Pro výpočet ustáleného součinitele pohotovosti byly střední doby mezi poruchami (doposud uváděné ve dnech) přepočteny na hodiny. Pro výpočet bylo uvažováno u vozidel i strojů s dvanáctihodinovým denním provozem, to znamená, že vypočtené střední hodnoty mezi poruchami $T_{s \text{ mezi poruchami [den]}}$ byly u obou kategorií vynásobeny hodnotou 12.

Výpočet ustáleného součinitele pohotovosti pro vozidlo LIAZ 18.33 SA KIA 80 67:

$$T_{s \text{ mezi poruchami [h]}} = T_{s \text{ mezi poruchami [den]}} \cdot 12 = 106 \cdot 12 = 1272 \text{ h}$$

$$A_o = \frac{T_{s \text{ mezi poruchami [h]}}}{T_{s \text{ mezi poruchami [h]}} + T_{s \text{ údržby [h]}}} = \frac{1272}{1272 + 62} = 0,9535[-]$$

Pro ostatní vozidla jsou výpočty ustáleného součinitele pohotovosti A_o uvedeny v tabulce č. 16.

Tabulka 16: Hodnoty výpočtů ustáleného součinitele pohotovosti A_o nákladních vozidel

Nákladní vozidla			
č.	RZ:	Typ	Ustálený součinitel pohotovosti $A_o [-]$
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	0,9535
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	0,9920
3	KIA 80 47	Avia A31	0,9691
4	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	0,9868
5	3T0 48 61	Lublin 3	0,9970
6	KIA 63 06	Avia A 31	0,9743
7	KIT 60 86	IVECO Daily	0,9889
8	KIA 72 47	Avia A 31	0,9780
9	KIR 34 53	Daewoo Lublin 3	0,9911

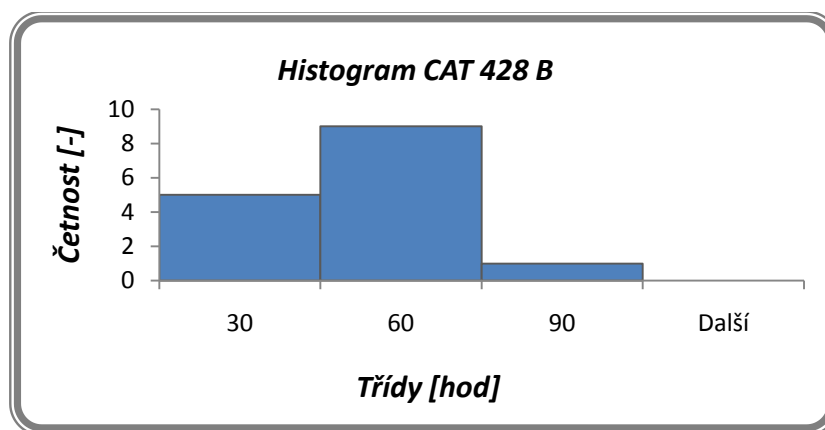
Stavební stroje:

Tabulka 17: Analýza parametrů spolehlivosti stroje

Stavební stroj					
Typ		Rok výroby		CAT 428 B	
CATERPILLAR 428 B		1995			
Druh nástavby		Rypadlo - nakladač			
Rok	Počet poruch - N [rok ⁻¹]	Doba preventivní údržby - $t_{pú}$ [h]	Doba opravy - τ [h]	Doba údržby τ_u [h]	Doba provozu t_p - [h] (z 2860 h/rok)
1995	0	10	0	10	2850
1996	2	10	9	19	2841
1997	1	10	4	14	2846
1998	2	10	12	22	2838
1999	1	10	16	26	2834
2000	3	10	24	34	2826
2001	4	10	40	50	2810
2002	2	16	18	34	2826
2003	3	16	24	40	2820
2004	4	16	32	48	2812
2005	3	16	28	44	2816
2006	8	16	40	56	2804
2007	6	24	32	56	2804
2008	5	24	32	56	2804
2009	6	24	40	64	2796
Celková doba provozu	Počet poruch za celé období	Celková doba preventivní údržby T_{pu} [h]	Celková doba oprav τ_0 [h]	Celková doba údržby T_u [h]	Celková doba provozu T_p [h]
15 let	50	222	351	573	42327

Tabulka 18: Tabulka histogramu četností údržby stroje CAT 428 B

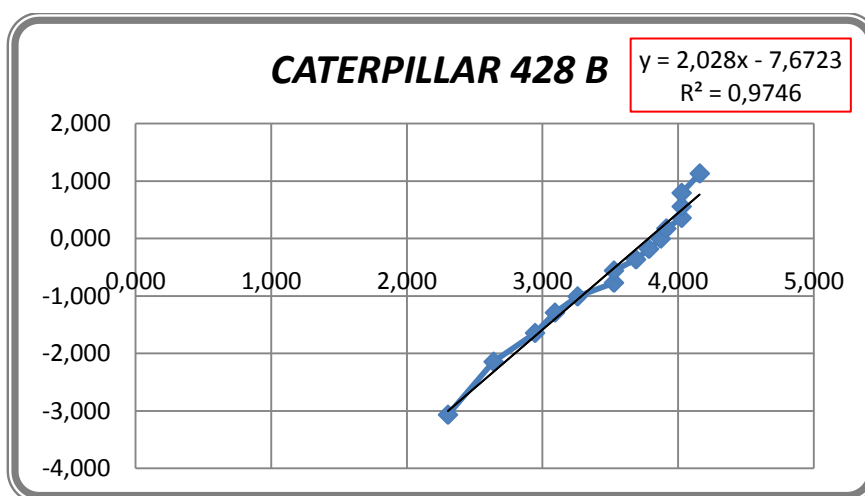
Třídy [hod]	Četnost [-]
30	5
60	9
90	1



Obrázek 17: Histogram četnosti údržby stroje CAT 428 B

Tabulka 19: Hodnoty pro sestavení grafu lineární regrese

CAT 428 B				
P.č.	Doba údržby t_i [hod]	Odhad $F(m)$	y_i	$\ln t_i$
1	10	0,045	-3,068	2,303
2	14	0,110	-2,146	2,639
3	19	0,175	-1,646	2,944
4	22	0,240	-1,292	3,091
5	26	0,305	-1,010	3,258
6	34	0,370	-0,772	3,526
7	34	0,435	-0,560	3,526
8	40	0,500	-0,367	3,689
9	44	0,565	-0,184	3,784
10	48	0,630	-0,006	3,871
11	50	0,695	0,171	3,912
12	56	0,760	0,355	4,025
13	56	0,825	0,555	4,025
14	56	0,890	0,790	4,025
15	64	0,955	1,129	4,159



Obrázek 18: Graf lineární regrese parametrů udržovatelnosti stroje CAT 428 B

Výpočet parametru měřítka t_o :

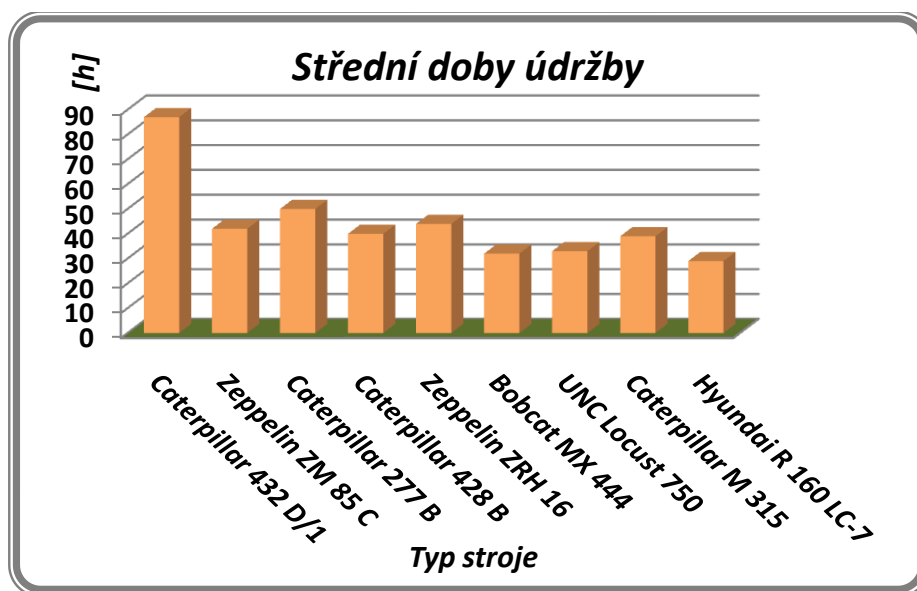
$$t_{oú} = \exp\left(-\frac{q}{m}\right) = t_o = \exp\left(\frac{7,6723}{2,028}\right) \cong 44 \text{ h}$$

$$T_{s \text{ údržby}} = t_{oú} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) = 44 \cdot 0,9035 = 40 \text{ h}$$

Vypočtená střední doba údržby stroje CAT 428 B činí 40 hodin. Pro ostatní stroje byly vypočtené hodnoty $T_{s \text{ údržby}}$ zapracovány do následující tabulky.

Tabulka 20: Střední doby údržby skupiny strojů

Stavební stroje			
č.	RZ:	Typ	Střední doba údržby T_s údržby [h]
1	TOO 1883	Caterpillar 432 D	87
2	TOO 1882	Zeppelin ZM 85 C	42
3	TOO 1910	Caterpillar 277 B	50
4		Caterpillar 428 B	40
5		Zeppelin ZRH 16	44
6		Bobcat MX 444	32
7		UNC Locust 750	33
8		Caterpillar M 315	39
9		Hyundai R 160 LC-7	29



Obrázek 19: Střední doby údržby stavebních strojů

Výpočet ustáleného součinitele pohotovosti stroje Caterpillar 428 B:

$$T_{s \text{ mezi poruchami [h]}} = T_{s \text{ mezi poruchami [den]}} \cdot 12 = 102 \cdot 12 = 1224 \text{ h}$$

$$A_o = \frac{T_{s \text{ provozu [h]}}}{T_{s \text{ provozu [h]}} + T_{s \text{ údržby [h]}}} = \frac{1224}{1224 + 40} = 0,9684 [-]$$

Pro ostatní stavební stroje jsou výpočty ustáleného součinitele pohotovosti A_o uvedeny v tabulce č. 21.

Tabulka 21: Ustálený součinitel pohotovosti A_0 stavebních strojů

Stavební stroje			
č.	RZ:	Typ	Ustálený součinitel pohotovosti A_0 [-]
1	TOO 1883	Caterpillar 432 D/1	0,9150
2	TOO 1882	Zeppelin ZM 85 C	0,9721
3	TOO 1910	Caterpillar 277 B	0,9576
4		Caterpillar 428 B	0,9684
5		Zeppelin ZRH 16	0,9577
6		Bobcat MX 444	0,9905
7		UNC Locust 750	0,9498
8		Caterpillar M 315	0,9863
9		Hyundai R 160 LC-7	0,9860

3 Stanovení optimální doby vyřazení analyzovaného parku silničních vozidel a stavebních strojů

K výpočtu optimální doby vyřazení silničních vozidel a stavebních strojů bude použito metody exponenciálních trendů. Pro výpočet bylo nutné shromáždit velké množství dat týkajících se nákladů na provoz a údržbu těchto výrobních zařízení. Shromážděné informace nám umožní zhodnocení trendů, ze kterých budou následně určeny optimální doby pro vyřazení těchto výrobních prostředků.

3.1 Popis metody exponenciálních trendů

Metoda exponenciálních trendů je vhodná pro objekty, na kterých se provádí údržba a opravy výměnným způsobem, tedy je měněno vždy určité množství prvků nebo celků uvažovaného systému v určitém období. Tato skutečnost má za následek charakteristický průběh ceny uvažovaných objektů ve tvaru klesající exponenciály:

$$N(t) = C \cdot e^{-\alpha \cdot t_c} \quad [\text{Kč}] \quad (1.3)$$

$N(t)$ – hodnota objektu v závislosti na čase (t) [Kč]

C – pořizovací cena [Kč]

α - koeficient rychlosti poklesu zůstatkové ceny [-]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

Náklady na provoz a údržbu se projeví charakteristickou rostoucí exponenciálou:

$$N_u(t) = A \cdot e^{\beta \cdot t_c} \quad [\text{Kč}] \quad (2.3)$$

$N_u(t)$ – náklady na údržbu objektu v závislosti na čase (t) [Kč]

A – amplituda udržovacích nákladů [Kč]

β – koeficient rychlosti nákladů na údržbu [-]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

Nákladovou složku tvoří v této práci z důvodu objektivnějšího posouzení pouze náklady, související s pořízením, údržbou a opravami objektů. Nejsou zde zahrnuty náklady na pohonné hmoty, pneumatiky apod.

Součtem obou dílčích vztahů dostáváme celkovou cenu dopravního prostředku:

$$N_c(t) = C \cdot e^{-\alpha \cdot t} + A \cdot e^{\beta \cdot t_c} \quad [K\check{c}] \quad (3.3)$$

Ze vztahu představujícího celkovou cenu objektu hledáme extrém podle času, který získáme:

$$\frac{dN_c(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \alpha \cdot C \cdot e^{-\alpha \cdot t_c} = \beta \cdot A \cdot e^{\beta \cdot t_c} \quad (4.3)$$

C – pořizovací cena [Kč]

A – amplituda udržovacích nákladů [Kč]

α - koeficient odpisové exponenciály [-]

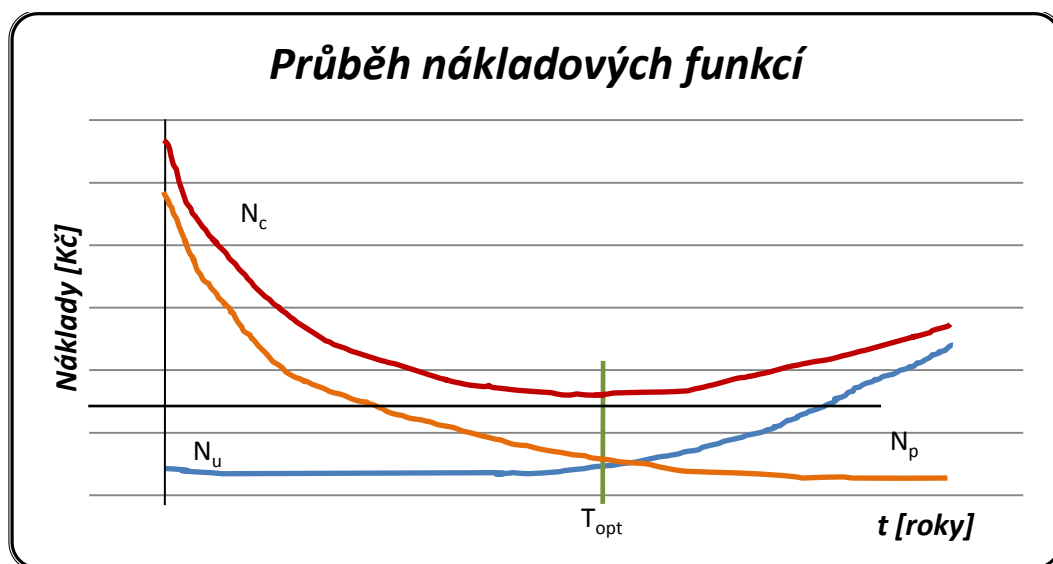
β – koeficient nákladové exponenciály [-]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

Dále získáme výraz pro určení optimální životnosti zkoumaného objektu:

$$T_{opt} = \frac{1}{\alpha + \beta} \cdot \ln \left(\frac{\alpha \cdot C}{\beta \cdot A} \right) \quad [roky] \quad (5.3)$$

Průběh těchto nákladových funkcí je zobrazen na následujícím obrázku.



Obrázek 20: Průběh nákladových funkcí

3.2 Popis stanovení odhadu horní hranice vyřazení vozidel a strojů s využitím testovací statistiky

Ve vozidlovém a strojovém parku stavební společnosti se vyskytuje technika, která je zastoupena (co do počtu druhu) jedním kusem nebo je druh tvořen více objekty stejného

typu. Skupinky stejného typu techniky jsou z pochopitelných důvodů různého stáří, proto náročnost údržby a oprav (provozních nákladů) bude také odlišná. Provozní náklady mohou být také částečně ovlivněny odlišnou kvalitou obsluhy apod. Z těchto důvodů je nutné u výsledných hodnot optimální životnosti - T_{opt} provést odhad horní hranice pro vyřazení výše uvedených vozidel pomocí statistické indukce. K tomuto účelu bude použito Studentovo t - rozdělení. U Studentova rozdělení můžeme pomocí intervalů možných hodnot (hodnot hranic pro vyřazení vozidla) odvodit kompetentní intervalové odhady na hladině významnosti α , nebo-li se stupněm spolehlivosti $1-\alpha$. Odhadovaný parametr tedy leží s pravděpodobností α mimo nezávislý interval a s pravděpodobností $1-\alpha$, se bude nacházet uvnitř intervalu.

Pro odhad horní hranice pro vyřazení objektu je použito jednostranného testu. Hladina významnosti α , byla zvolena na hodnotu $0,1 \Rightarrow 90\%$ pravděpodobnost horní hranice pro vyřazení vozidla.

Nejprve bylo potřeba z vypočtených dob optimálních životností T_{opt} vypočítat aritmetický průměr:

$$T_s = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad [roky] \quad (6.3)$$

T_s – průměrná doba optimálních životností skupiny uvažovaných objektů [roky]

x_i – doba optimální životnosti pro určité vozidlo (stroj) [roky]

n – celkový počet vozidel (strojů) shodného typu [ks]

Směrodatnou odchylku určíme ze vztahu:

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n - 1}} \quad [roky] \quad (7.3)$$

δ_s – směrodatná odchylka [roky]

T_s – průměrná doba optimálních životností skupiny uvažovaných objektů [roky]

x_i – doba optimální životnosti pro určité vozidlo (stroj) [roky]

n – celkový počet vozidel (strojů) shodného typu [ks]

Při dalším výpočtu bude použito matematické Z – statistiky [7]:

$$Z = \frac{T_s - \mu}{\delta_s} \cdot \sqrt{n} \quad [-] \quad (8.3)$$

δ_s – směrodatná odchylka [roky]

μ – populační průměr [roky]

n – celkový počet vozidel (strojů) shodného typu [ks]

T_s - aritmetický průměr optimálních životností [roky]

Pro výpočet očekávané hodnoty použijeme levostranný interval spolehlivosti:

$$P\left(T_h - \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot Z < T_s\right) = 1 - \alpha \quad (9.3)$$

Tato statistika má tzv. Studentovo t- rozdělení s $n-1$ stupni volnosti.

Jelikož je pro nás důležitá pouze horní mez, očekávaná hodnota bude tedy vyšší. Můžeme proto vztah upravit:

$$Z = \frac{T_h - T_{opt}}{\delta_s} \quad [-] \quad (10.3)$$

T_h – horní hranice pro vyřazení vozidla (stroje) [roky]

T_{opt} – optimální životnost vozidla (stroje) [roky]

δ_s – směrodatná odchylka [roky]

Horní hranici pro vyřazení skupiny vozidel (strojů) pak vypočteme ze vztahu [9]:

$$T_h = Z \cdot \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + T_s \quad [roky] \quad (11.3)$$

3.3 Stanovení optimální doby vyřazení parku silničních vozidel

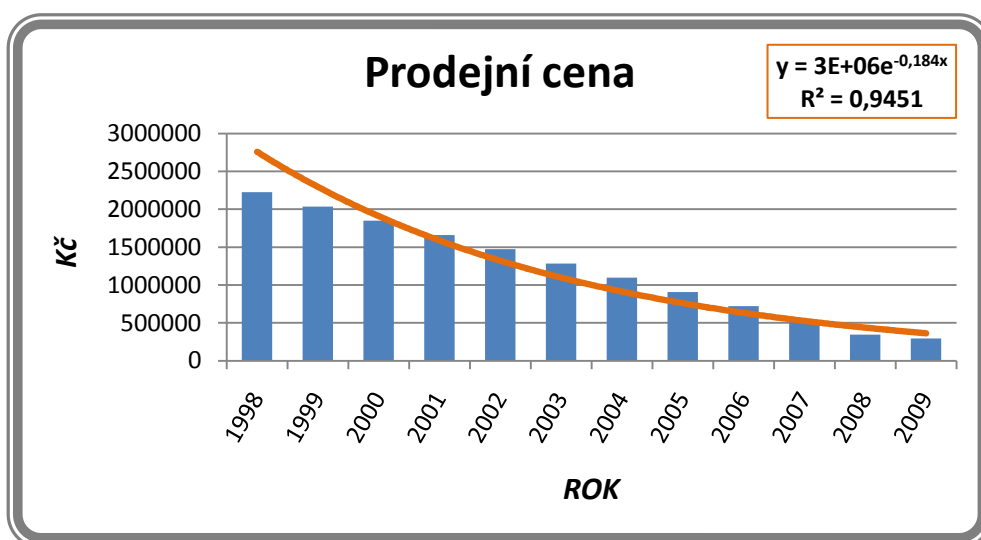
V následující části bude proveden výpočet optimální doby vyřazení nákladních vozidel. Z důvodu zredukování obsahu bude v tomto bodě proveden výpočet pouze pro jedno samostatné vozidlo, které nelze zařadit do žádné skupiny shodného druhu a výpočet pro jednu skupinu vozidel, která bude uvažována z hlediska požadavku na obnovu jako skupina homogenní. Výpočty zbývajících vozidel jsou doloženy v příloze. Data jsou zpracována pomocí tabulkového procesoru EXCEL. Amplituda udržovacích nákladů A ,

koeficient rostoucí exponenciály β a koeficient klesající exponenciály α , byly získány z grafu průběhu prodejní ceny vozidla (stroje) a grafu průběhu kumulativních nákladů na údržbu vozidla (stroje) viz obr. č. 21 a obr. č. 22.

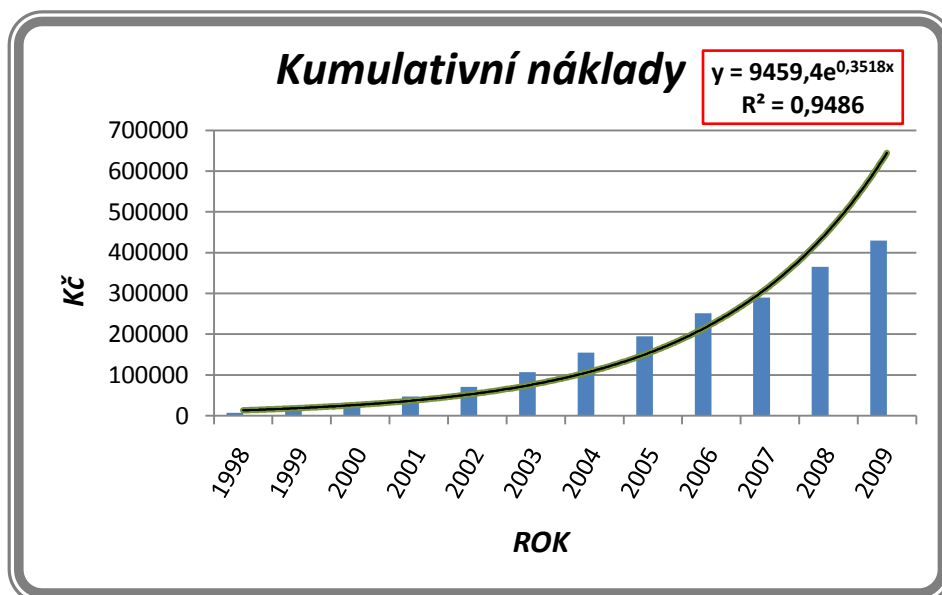
3.3.1 Výpočet optimální životnosti samostatného vozidla

Tabulka 22: Náklady na údržbu a opravy vozidla

Nákladní vozidlo			
Typ	Rok výroby		Pořizovací cena [Kč]
LIAZ 18.33 SA	1998		2 224 027
Druh nástavby	Sklápěčková		
Rok	Náklady na údržbu [Kč]	Kumulativní náklady na údržbu [Kč]	Prodejní cena [Kč]
1998	7600	7600	2224027
1999	8300	15900	2036000
2000	12245	28145	1847973
2001	19442	47587	1659946
2002	23558	71145	1471919
2003	35900	107045	1283892
2004	47999	155044	1095865
2005	39478	194522	907838
2006	56887	251409	719811
2007	38412	289821	531784
2008	75231	365052	343757
2009	64577	429629	296000



Obrázek 21: Graf průběhu prodejní ceny vozidla



Obrázek 22: Graf průběhu kumulativních nákladů na údržbu a opravy vozidla

Tabulka 23: Data získaná z regresních analýz v prostředí Microsoft EXCEL

Získané hodnoty v prostředí Microsoft EXCEL	
Amplituda udržovacích nákladů - A	9459
Koeficient rostoucí exponenciály - β	0,3518
Koeficient klesající exponenciály - α	-0,184
Hodnota spolehlivosti odhadu nákladů- R^2	0,9486
Hodnota spolehlivosti odhadu ceny- R^2	0,9451
Pořizovací cena vozidla [Kč]	2 224 027

Výpočet optimální životnosti vozidla ze vztahu (5.3):

$$T_{opt} = \frac{1}{0,184 + 0,3518} \cdot \ln\left(\frac{0,184 \cdot 2\,224\,027}{0,3518 \cdot 9459}\right) = 8,98 \cong 9 \text{ let}$$

3.3.2 Výpočet optimální doby vyřazení skupiny vozidel

Při výpočtu horní hranice optimální doby vyřazení skupiny vozidel použijeme dobu optimální životnosti T_{opt} . Tyto výpočty jsou obsazeny v příloze. Výpočet bude proveden dle postupu, který je uveden v bodě 3.2. Část řešení bude provedena pomocí tabulkového procesoru EXCEL. Pro výpočet horní hranice optimální doby vyřazení byla vybrána skupina vozidel kategorie N_1 a N_2 . Hodnoty T_{opt} byly stanoveny stejným způsobem jako na výše uvedeném výpočtu pro vozidlo LIAZ 18.33 SA.

Tabulka 24: Optimální doby životnosti nákladních vozidel kategorie N₁, N₂

Optimální doby životnosti - nákladní vozidla N ₁ , N ₂			
č.	Typ	Registrační značka	T _{opt} [roky]
1	AVIA A31	KIA 80 47	7,9
2	AVIA A31	KIA 72 47	8,9
3	AVIA A31 T	KIA 63 06	9,1
4	AVIA A 60	KIS 34 31	7,4
5	IVECO Dailly	KIT 60 86	5,9
6	DAEWOO Lublin	KIR 34 53	8,3
7	DAEWOO Lublin	3TO 48 61	4,9

Výpočet aritmetického průměru T_s optimálních dob životnosti T_{opt} vozidel:

$$T_s = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad [\text{roky}]$$

$$T_s = \frac{1}{7} (7,9 + 8,9 + 9,1 + 7,4 + 5,9 + 8,3 + 4,9) = 7,49 \cong 7,5 \text{ let}$$

Počet stupňů volnosti pro Studentovo – t rozdělení:

Stupeň volnosti = $(n-1) = 7 - 1 = 6$ stupňů volnosti

Stanovení směrodatné odchylky δ_s :

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n - 1}} \quad [\text{roky}]$$

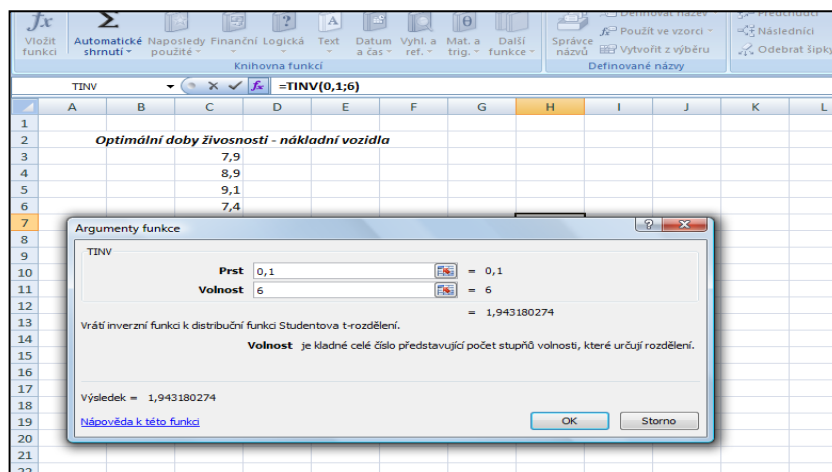
$$\delta_s = 1,445$$

Výpočet hodnoty Z byl realizován pomocí tabulkového procesoru EXCEL a jeho statistické funkce TINV. Do tabulky byla vložena hodnota hladiny významnosti α a počet stupňů volnosti $(n-1) = 7 - 1 = 6$. Vypočtená hodnota Z činí 1,943180. Postup zadání hodnot statistického výpočtu je znázorněn na obr. č. 23.

$$T_h = Z \cdot \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + T_s \quad [\text{roky}]$$

$$T_h = 1,9432 \cdot \frac{1,445}{\sqrt{7}} + 7,5 = \mathbf{8,6} \quad [\text{let}]$$

Horní hranice pro vyřazení skupiny nákladních vozidel N₁ a N₂ činí 8,6 let. Tato horní hranice pro nás představuje optimální dobu pro vyřazení této skupiny nákladních vozidel.



Obrázek 23: Pracovní prostředí tabulkového procesoru EXCEL

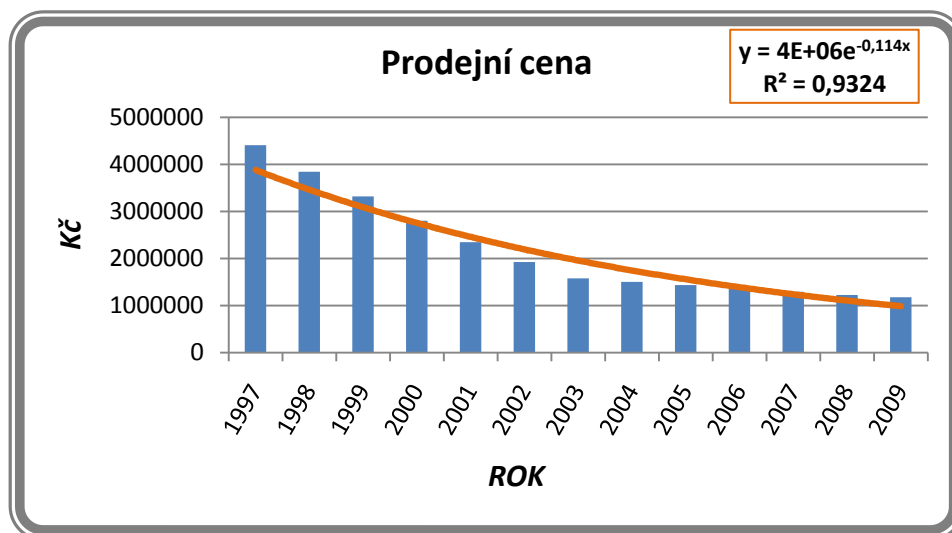
3.4 Stanovení optimální doby vyřazení parku stavebních strojů

Stejným způsobem byl proveden výpočet optimální doby vyřazení stavebních strojů. Z důvodu zjednodušení obsahu bude v tomto bodě proveden výpočet pouze pro jeden stroj. Výpočty zbývajících vozidel jsou doloženy v příloze. Data jsou zpracována pomocí tabulkového procesoru EXCEL.

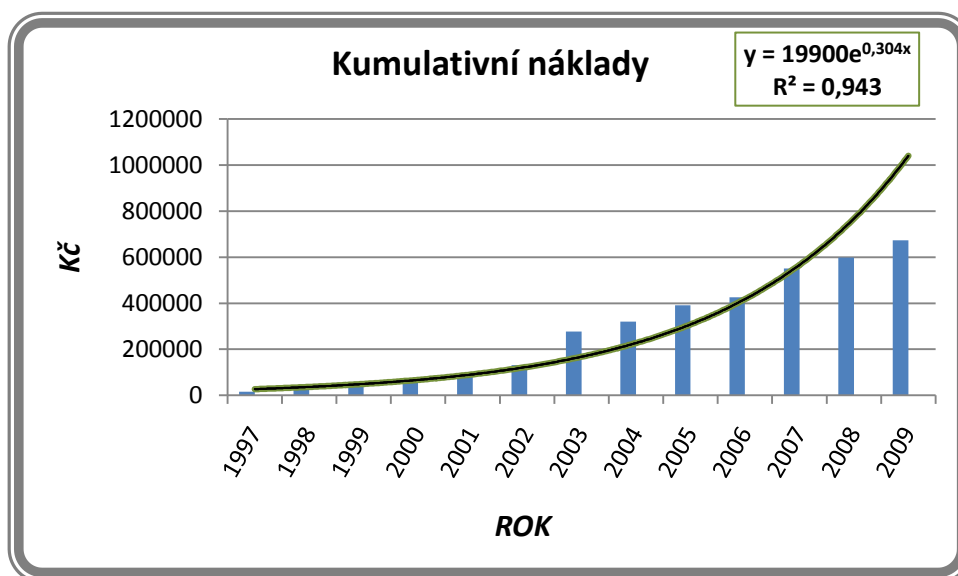
3.4.1 Výpočet optimální životnosti samostatného stavebního stroje

Tabulka 25: Náklady na údržbu a opravy stroje

Stavební stroj			
Typ	Rok výroby		Pořizovací cena [Kč]
CAT M 315	1997		4 404 637
Druh nástavby	Rypadlo kolové		
Rok	Náklady na údržbu [Kč]	Kumulativní náklady na údržbu [Kč]	Prodejní cena [Kč]
1997	15447	15447	4404637
1998	18511	33958	3840843
1999	19365	53323	3318489
2000	18270	71593	2800805
2001	23488	95081	2349875
2002	36554	131635	1922198
2003	145332	276967	1576202
2004	42557	319524	1506000
2005	71599	391123	1435798
2006	34155	425278	1365596
2007	124887	550165	1295394
2008	47805	597970	1225192
2009	75448	673418	1180000



Obrázek 24: Graf průběhu prodejní ceny stroje



Obrázek 25: Graf průběhu kumulativních nákladů na údržbu a opravy vozidla

Tabulka 26: Data získaná z regresních analýz v prostředí Microsoft EXCEL

Získané hodnoty v prostředí Microsoft EXCEL	
Amplituda udržovacích nákladů - A	19900
Koeficient rostoucí exponenciály -β	0,304
Koeficient klesající exponenciály - α	-0,114
Hodnota spolehlivosti odhadu nákladů- R ²	0,943
Hodnota spolehlivosti odhadu ceny- R ²	0,9324
Pořizovací cena stroje [Kč]	4 404 637

$$T_{opt} = \frac{1}{\alpha + \beta} \cdot \ln\left(\frac{\alpha \cdot C}{\beta \cdot A}\right) \quad [roky]$$

$$T_{opt} = \frac{1}{0,1140 + 0,304} \cdot \ln \left(\frac{0,1140 \cdot 4\,404\,637}{0,304 \cdot 19900} \right) = \mathbf{10,6 \text{ let}}$$

3.4.2 Výpočet optimální doby vyřazení skupiny stavebních strojů

Tabulka 27: Optimální životnosti stavebních strojů kategorie – lopatová rypadla

Optimální doby životnosti – kat. (lopatová rypadla)		
č.	Typ	T_{opt} [roky]
1	Caterpillar 428 B	10
2	Caterpillar 432 D	7,8
3	Caterpillar M 315	10,6

Výpočet aritmetického průměru T_s optimálních dob životnosti T_{opt} strojů:

$$T_s = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad [\text{roky}]$$

$$T_s = \frac{1}{3} (10 + 7,8 + 10,6) = 9,46 \cong 9,5 \text{ let}$$

Počet stupňů volnosti pro Studentovo – t rozdělení:

Stupeň volnosti = (n-1)

Stupeň volnosti = 3 – 1 = 2 stupně volnosti

Stanovení směrodatné odchylky δ_s :

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T_s)^2}{n - 1}} \quad [\text{roky}]$$

$$\delta_s = 1,2037$$

Výpočet Z – statistiky byl rovněž realizován pomocí tabulkového procesoru EXCEL a jeho statistické funkce TINV. Do tabulky byla vložena hodnota hladiny významnosti α a počet stupňů volnosti (n-1) = 3 - 1 = 2. Vypočtená hodnota Z – statistiky činí 2,919.

$$T_h = Z \cdot \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} + T_s \quad [\text{roky}]$$

$$T_h = 2,919 \cdot \frac{1,2037}{\sqrt{2}} + 9,5 = \mathbf{12 \text{ let}}$$

Po dosazení do výše uvedeného vztahu je výsledná hodnota horní hranice pro vyřazení skupiny stavebních strojů $T_h = 12$ let. Tato horní hranice pro nás představuje optimální dobu pro vyřazení této skupiny stavebních strojů.

3.5 Výsledné hodnoty výpočtů optimálních dob vyřazení vozidel a strojů

Výsledné údaje výpočtů optimálních dob pro vyřazení posuzovaných objektů budou použity pro návrh obnovy vozidel a strojů. Hodnoty, které jsou vyznačeny červeně, znamenají překročení navrhované optimální doby života daného základního prostředku. Pro vozidla a stroje, které nebyly zařazeny do skupiny shodného druhu, byla za optimální dobu vyřazení T_h považována vypočtená optimální doba životnosti T_{opt} .

Tabulka 28: Tabulka výsledných hodnot výpočtů optimální doby vyřazení silničních vozidel

Nákladní vozidla				
č.	RZ:	Typ	Stáří vozidla [roky]	Optimální doba vyřazení T_h [roky]
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	12	9,0
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	5	4,5
3	KIA 80 47	Avia A31	12	8,6
4	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	10	8,6
5	3T0 48 61	Lublin 3	5	8,6
6	KIA 63 06	Avia A 31	14	8,6
7	KIT 60 86	IVECO Daily	8	8,6
8	KIA 72 47	Avia A 31	13	8,6
9	KIR 34 53	Daewoo Lublin 3	11	8,6

Tabulka 29: Tabulka výsledných hodnot výpočtů optimální doby vyřazení stavebních strojů

Stavební stroje				
č.	RZ:	Typ	Stáří stroje [roky]	Optimální doba vyřazení T_h [roky]
1	TOO 1883	Caterpillar 432 D/1	7	12
2	TOO 1882	Zeppelin ZM 85 C	8	7,1
3	TOO 1910	Caterpillar 277 B	4	3,6
4		Caterpillar 428 B	15	12
5		Zeppelin ZRH 16	14	10,3
6		Bobcat MX 444	4	5,7
7		UNC Locust 750	10	6,9
8		Caterpillar M 315	13	12
9		Hyundai R 160 LC-7	3	4,5

4 Návrh obnovy parku nákladních automobilů a parku stavebních strojů

V tomto bodě diplomové práce bude navržena obnova vozidel a strojů parku stavební společnosti. Bude zde také navrženo pořadí postupné obměny vozidel a strojů.

4.1 Určení vozidel a strojů k obměně

Z tabulky č. 28 a 29 vyplývá, že 8 nákladních vozidel a 6 stavebních strojů je již za hranicí optimální životnosti. Zbývající část vozidlového a strojového parku by měla být obnovena v průběhu dalších tří let.

4.1.1 Nákladní vozidla

Na základě průzkumu trhu s novými nákladními vozidly byla navržena obnova stávajícího vozidlového parku následujícími vozidly:

Tabulka 30: Vozidla k obměně

Současná vozidla			Nahrazená vozidla
č.	RZ:	Typ	Typ
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	MAN TGS 26,400 6x4 BB
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	MAN TGS 26,400 6x4 BB
3	KIA 80 47	Avia A31	IVECO Daily 50 C 15 V
4	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	IVECO Daily 50 C 15 V
5	KIA 63 06	Avia A 31	IVECO Daily 50 C 15 V
6	KIT 60 86	IVECO Daily	IVECO Daily 50 C 15 V
7	KIA 72 47	Avia A 31	IVECO Daily 50 C 15 V
8	KIR 34 53	Daewoo Lublin 3	IVECO Daily 50 C 15 V

Z tabulky č. 30 vidíme, že pro obměnu bylo navrženo celkem 8 nákladních vozidel. Vozidla AVIA, která patří do kategorie N2, budou nahrazena nákladními vozidly kategorie N1. S postupem vývoje technologií montážních prací výstavby inženýrských sítí se snížily také nároky na vybavenost montážních vozidel stavební společnosti. Nové přístroje a vybavení jsou o mnoho menší a lehčí. Proto i požadavek na užitečnou hmotnost a přepravní prostor těchto vozidel je menší než v minulosti. Vozidla nižší kategorie (N1) mohou být provozována s mnohem nižšími provozními náklady. Z navrhované záměny kategorie nákladních vozidel vyplývají následující výhody:

- nižší pořizovací a provozní náklady,
- menší spotřeba PHM,
- k řízení těchto vozidel postačí řidičský průkaz skupiny B,

- menší nároky na provozní evidenci vozidel v podobě provádění záznamů o dobách řízení a dobách odpočinku, vozidlo této kategorie nemusí být vybaveno předepsaným tachografem, odpadá povinnost stahování a archivace jejich záznamů a kalibrace tachografů,
- na tato vozidla se nevztahuje povinnost poplatků při užívání úseků pozemních komunikací, které podléhají úhradě mýtného,
- zvýšení intervalu technických prohlídek a měření emisí ve stanicích technické kontroly z jednoho na dva roky, v případě nových vozidel je první technická prohlídka až po čtyřech letech,
- lepší manévrovatelnost a ovladatelnost vozidla.

Důvody pro výběr vozidla IVECO Daily 50 C 15 V:

- cena,
- nízká spotřeba paliva,
- obecně známá vysoká spolehlivost,
- dostupnost autorizovaného servisu a náhradních dílů,
- robustní konstrukce (rám),
- velký přepravní prostor
- zkušenost s provozováním a údržbou předchozího typu vozidla této značky.

Na základě posouzení užitkových vlastností, ceny, dostupnosti autorizovaného servisu a originálních náhradních dílů, byl vybrán pro tuto skupinu vozidel nákladní automobil IVECO Daily 50 C 15 V, v provedení s max. celkovou hmotností do 3 500 kg.

U nákladních automobilů kategorie N3 je doporučena obměna pro dvě vozidla. Pro obměnu obou stávajících typů bylo navrženo vozidlo MAN TGS 26.400 6x4 BB. Vozidlo LIAZ 18.33 SA s max. užitečnou hmotností 9 200 kg, bude tak z technologických důvodů nahrazeno vozidlem s max. hmotností cca 13 000 kg. Pro vozidlo IVECO Eurotrakker je navržena alternativa obdobných provozních parametrů. Podvozky MAN budou vybaveny sklápěcí nástavbou o ložném objemu 12 m³ tuzemského výrobce, firmy Molčík.

Důvody pro výběr vozidla MAN TGS 26,400 6x4 BB:

- pořizovací cena,
- nízká spotřeba paliva,
- obecně známá vysoká spolehlivost,

- dostupnost autorizovaného servisu a náhradních dílů,
- při dodržení emisních limitů EURO 5 není použita technologie příměsi Ad BLUE.

4.1.2 Stavební stroje

Argumenty rozhodující o výběru stroje vhodného pro obměnu stávajícího strojového parku jsou obdobné jako u nákladních vozidel, tj. především pořizovací cena, spolehlivost, dostupnost autorizovaného servisu a originálních náhradních dílů a v neposlední řadě ekonomická náročnost během jejich provozu.

Na základě výše uvedených argumentů doporučuji obměnu stávajícího strojového parku následujícími stroji:

Tabulka 31: Stroje k obměně

Současné stroje		Nahrazené stroje
č.	Typ	Typ
1	Caterpillar 428 B	Caterpillar 428 E
2	Caterpillar M 315	Caterpillar M 313 D
3	Caterpillar 277 B	Bobcat T 250
4	Zeppelin ZM 85 C	Caterpillar 308 D
5	Zeppelin ZRH 16	Caterpillar 303 C
6	UNC Locust 750	Bobcat S 175

Pro obměnu strojového parku byly navrženy dvě značky stavebních strojů Caterpillar a Bobcat. Obě se vyznačují relativně vysokou inherentní spolehlivostí a jejich vysoký standard kvality je obecně známý. Stroje značky Zeppelin budou nahrazeny stroji Caterpillar obdobných parametrů. Společnost Phoenix-Zeppelin, která se v minulosti zabývala prodejem strojů Zeppelin, předčasně upustila od jejich distribuce a v současnosti nemá tyto ve své nabídce. Stroj Caterpillar 277 B bude pro své nepřiměřeně vysoké provozní náklady nahrazen značkou obdobným typem značky Bobcat.

4.2 Navržení pořadí postupné obměny vozidel a strojů

Vzhledem k velkému počtu obnovovaných výrobních prostředků bude doporučeno pořadí jejich postupné obnovy. K tomuto účelu bude použita metoda, která nám pomocí přiřazení vah důležitosti k jednotlivým předem stanoveným kritériím pomůže určit vhodný postupný sled obnovy vozidel a strojů. Váhy důležitosti budou přiřazeny na základě vypočtených dat, v některých případech bude použito subjektivního posouzení daného kritéria. Bude použito pětistupňového klasifikačního systému, kdy stupeň nejvyšší

představuje nejvyšší míru důležitosti a naopak. Pro jednotlivá hodnotící kritéria byly zpracovány klasifikační tabulky s již zmíněnými pěti klasifikačními stupni. Každému hodnotícímu kritériu byla přiřazena váha důležitosti. Jejich součinem jsme pak získali výslednou hodnotu důležitosti pro určení pořadí obměny vozidla či stroje.

Pro určení vhodného pořadí obměny vozidel a strojů byla zvolena následující hodnotící kritéria:

- návaznost dalších technologií,
- dostupnost zálohy,
- náklady na údržbu,
- bezporuchovost,
- udržitelnost.

Návaznost dalších technologií – jak již bylo zmíněno, vozidla a stavební stroje jsou užívány na staveništích ve skupinách. Tyto skupiny tvoří montážní pracovníci, stavební dělníci, technický stavební personál, nákladní silniční vozidla a jiné stroje, které zabezpečují návaznost výrobních technologií představující výrobní proces stavební společnosti. Výpadek každého výrobního prostředku tak více či méně ovlivní celý výrobní proces této skupiny. Proto bude toto hodnotící kritérium použito v metodě určující vhodnost pořadí obměny výrobních prostředků. Při tomto subjektivním hodnocení vycházím z odborného odhadu a znalostí technologie výrobního procesu stavební společnosti, u které pracuji.

Tabulka 32: Tabulka klasifikace návaznosti dalších technologií

č.	Návaznost dalších technologií
1	Téměř žádná
2	Mírná
3	Vysoká
4	Velmi vysoká
5	Zásadní

Dostupnost zálohy – každý výrobní prostředek, ovlivněn poruchou či jinou příčinou, která znemožňuje vykonávat jeho činnost, odpadá z výrobního procesu. Tento prostředek je nutné nahradit jiným záložním výrobním prostředkem, a to z vlastního parku vozidel a strojů nebo výrobním prostředkem pronajatým. Při posouzení váhy důležitosti tohoto kritéria vycházím opět z odborného odhadu získaného dlouholetou praxí při zajišťování této činnosti a znalosti místních poměrů.

Tabulka 33: Tabulka klasifikace dostupnosti zálohy

č.	Dostupnost zálohy
1	Téměř jistá
2	Vysoká
3	Zhoršená
4	Obtížná
5	Téměř nemožná

Náklady na údržbu – k určení váhy kritéria budou použity vstupní údaje z analýzy vozidlového a strojového parku stavební společnosti.

Tabulka 34: Tabulka klasifikace nákladů na údržbu vozidel a strojů

Náklady na údržbu vozidel		Náklady na údržbu strojů	
č.	Rozsah [Kč]	č.	Rozsah [Kč]
1	120 596 - 182 403	1	230 322 - 318 950
2	182 404 - 244 210	2	318 951 - 407 658
3	244 211 - 306 017	3	407 659 - 496 186
4	306 018 - 367 824	4	496 187 - 584 804
5	367 825 - 429 631	5	584 805 - 673 422

Bezporuchovost, udržovatelnost – pro určení vah těchto hodnotících kritérií budou použita data, získaná z analýzy parametrů spolehlivosti vozidel a stavebních strojů.

Tabulka 35: Tabulka klasifikace bezporuchovosti vozidel a strojů

Bezporuchovost vozidla		Bezporuchovost stroje	
č.	Rozsah $T_{s \text{ mezi por.}}$ [dny]	č.	Rozsah $T_{s \text{ mezi por.}}$ [dny]
1	311 - 362	1	201 - 237
2	259 - 310	2	164 - 200
3	207 - 258	3	127 - 163
4	155 - 206	4	90 - 126
5	102 - 154	5	52 - 89

Tabulka 36: Tabulka klasifikace udržovatelnosti vozidel a strojů

Udržovatelnost vozidla		Udržovatelnost stroje	
č.	Rozsah $T_{s \text{ údržby}}$ [h]	č.	Rozsah $T_{s \text{ údržby}}$ [h]
1	21-30	1	33-37
2	31-39	2	38-41
3	40-48	3	42-45
4	49-57	4	46-49
5	58-66	5	50-53

Ze vstupních dat použitých pro jednotlivá hodnotící kritéria bylo nutné určit rozsah jednotlivých klasifikačních stupňů. K tomuto účelu bylo použito následujícího vztahu:

pro hodnocení nákladů na údržbu stavebních strojů:

$$\text{rozsah klasif. stupně} = \frac{\text{stroj s max. náklady} - \text{stroj s min. náklady}}{5} =$$

$$= \frac{673\,418 - 230\,332}{5} = 88\,617,2 \cong 88\,618 \text{ [Kč]}$$

- stanovení rozsahu 1. klasifikačního stupně:

$$230\,332 + 88\,618 = 318\,950 \text{ Kč} \Rightarrow 1. \text{ klasifikační stupeň} = 230\,332 \div 318\,950 \text{ Kč.}$$

Stejný algoritmus byl použit pro určení rozsahu klasifikačních stupňů i u zbývajících hodnotících kritérií.

V následujících tabulkách č. 37 a č. 38 je provedeno ohodnocení klasifikačními stupni nákladů na údržbu vozidel a strojů. Jednotlivým vozidlům a strojům byly přiřazeny klasifikační stupně dle rozsahů klasifikační tabulky č. 34.

Pro názornost jsou uvedeny pouze tabulky znázorňující hodnocení nákladů na údržbu vozidel a strojů. Tabulky pro ostatní hodnotící kritéria jsou uvedeny v příloze D.

Tabulka 37: Tabulka s klasifikačními stupni hodnotícími náklady na údržbu vozidel

Nákladní vozidla				
č.	RZ:	Typ	Náklady na údržbu vozidla (kumulativní) [Kč]	Stupeň klasifikace [-]
1	KIA 80 67	LIAZ 18.33 SA	429 629	5
2	3T4 1978	IVECO Eurotrakker	300 581	3
3	KIA 80 47	Avia A31	217 038	2
4	KIS 34 31	Daewoo AVIA A 60	184 914	2
5	KIA 63 06	Avia A 31	231 273	2
6	KIT 60 86	IVECO Daily	197 558	2
7	KIA 72 47	Avia A 31	191 518	2
8	KIR 34 53	Daewoo Lublin III	120 596	1

Tabulka 38: Tabulka s klasifikačními stupni hodnotícími náklady na údržbu strojů

Stavební stroje				
č.	RZ:	Typ	Náklady na údržbu stroje (kumulativní) [Kč]	Stupeň klasifikace [-]
1	TOO 1882	Zeppelin ZM 85 C	343 552	2
2	TOO 1910	Caterpillar 277 B	230 332	1
3		Caterpillar 428 B	615 128	5
4		Zeppelin ZRH 16	330 984	2
5		UNC Locust 750	254 548	1
6		Caterpillar M 315	673 418	5

Pořadí číselného označení výrobních prostředků v tabulkách č. 39 a č. 40 je shodné s číselným pořadím vozidel a strojů v tabulce č. 37 a tabulce č. 38.

Tabulka 39: Výsledky hodnocených kritérií pro pořadí obnovy vozidel

		Číslo výrobního prostředku (nákladní vozidlo)							
č.	Hodnotící kritérium	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Návaznost dalších technologií	3	4	3	3	3	2	3	3
2	Dostupnost zálohy	2	2	2	2	3	2	3	2
3	Náklady na údržbu	5	3	2	2	2	2	2	1
4	Bezporuchovost	5	1	5	3	5	4	5	3
5	Udržitelnost	5	2	2	2	2	1	2	1
	Výsledná hodnota důležitosti	750	48	120	72	180	32	180	18

Tabulka 40: Výsledky hodnocených kritérií pro pořadí obnovy strojů

		Číslo výrobního prostředku (stavební stroj)					
č.	Hodnotící kritérium	1	2	3	4	5	6
1	Návaznost dalších technologií	5	3	3	4	3	5
2	Dostupnost zálohy	4	5	3	2	3	4
3	Náklady na údržbu	2	1	5	2	1	5
4	Bezporuchovost	4	4	4	5	5	1
5	Udržitelnost	3	5	2	3	1	2
	Výsledná hodnota důležitosti	480	300	360	240	45	200

Tabulka 41: Doporučené pořadí obměny vozidel a strojů

Doporučené pořadí obnovy výrobních zařízení	
č.	Název (vozidla, stroje)
1	LIAZ 18.33 SA KIA 80 67
2	Zeppelin ZM 85 C TOO 1882
3	Caterpillar 428 B
4	Caterpillar 277 B TOO 1910
5	Zeppelin ZRH 16
6	Caterpillar M 315
7	AVIA A 31 T KIA 63 06
8	AVIA A 31 KIA 72 47
9	AVIA A 31 KIA 80 47
10	Daewoo AVIA A 60 KIS 34 31
11	IVECO Eurotrakker 3T4 1978
12	UNC Locust 750
13	Iveco Daily KIT 60 86
14	Daewoo Lublin III KIR 34 53

5 Ekonomické zhodnocení

V tomto bodě diplomové práce bude provedeno ekonomické zhodnocení navrhované obnovy vozidlového a strojového parku stavební společnosti.

5.1 Rozhodování o investicích

Rozhodování o investicích je jedním z nejdůležitějších a nejobtížnějších rozhodování podnikového managementu. Dobré rozhodnutí vede podnik k rozkvětu, špatné může vést k jeho úpadku. Tato rozhodnutí vycházejí ze strategie podniku a zakládají dlouhodobý směr jeho vývoje. Hodnocení jejich výnosnosti (efektivnosti) spočívá v porovnávání nákladů na investici s výnosy, které přinese za dobu své životnosti. Investice můžeme charakterizovat jako jednorázově vynaložené zdroje, které budou přinášet peněžní příjmy během budoucího období. V době svého pořízení investice představuje peněžní výdaje (většinou skutečný tok peněz), které do nákladů podniku vcházejí formou odpisů až při svém využívání. Jsou financovány vlastními, cizími nebo kombinovanými zdroji [11].

5.2 Zdroje financování investic

Zdrojem financování investic v podniku jsou [11]:

Vlastní zdroje:

- vklady vlastníků,
- nerozdělený zisk,
- odpisy,
- výnosy z prodeje a z likvidace hmotného majetku a zásob.

Vklady vlastníků – tvoří základní kapitál podniku a může být tvořen peněžními i nepeněžními vklady.

Nerozdělený zisk – je část zisku po odvodu daní, která se nerozděluje mezi majitele, ale slouží k dalšímu podnikání.

Odpisy – patří mezi nejdůležitější vlastní zdroje financování. Jedná se o peněžní vyjádření opotřebení hmotného i nehmotného investičního majetku za určité období. Jejich hlavní funkcí je přenos ceny hmotného i nehmotného majetku do nákladů. Dělíme je na účetní a daňové. Účetní odpisy si podnik stanovuje sám, podle interní směrnice podniku, daňové jsou stanoveny Zákonem č. 586/1992 Sb., O daních z příjmů [11].

Cizí zdroje:

- investiční úvěr,
- obligace,
- krátkodobý úvěr,
- dlouhodobé rezervy,
- splátkový prodej,
- leasing,
- rizikový kapitál,
- dotace ze státního nebo místního rozpočtu, prostředky z EU.

Hlavním zdrojem cizího kapitálu pro financování investic jsou banky. Podnik obvykle musí zdůvodnit:

- účel půjčky (výstavba, nákup strojů a vozidel, jejich použitelnost, cenu),
- stupeň zadlužení (podíl půjčky ke kmenovému jmění apod.),
- schopnost splácet úroky a půjčku,
- záruky pro případ, že podnik zanikne nebo přeruší činnost (záruky aktivity podniku, osobním majetkem).

Splátky úvěrů zahrnují vlastní splátky (úmor) a splátky úroků (ty jsou položkou finančních nákladů). Způsob splácení může mít formu individuálního splátkového plánu (obsahuje velikost a termíny splátek, velikost úroků v jednotlivých letech dohodnuté s bankou), rovnoměrného splácení, (úvěr je splácen stejnými částkami, úroky klesají podle klesající výše dluhu) a splácení anuitou (anuita co by součet vlastních splátek a úroků je konstantní). Při leasingu mají náklady formu splátek nájemného, placených podle dohodnutého splátkového kalendáře. Pro naše potřeby se jako možný zdroj financování investic jeví úvěr nebo leasing. Obou těchto možností existuje několik variant [11].

Typy úvěrů:

- **lombardní úvěr** – úvěr poskytnutý na základě zajištění movitou zástavou,
- **obchodní úvěr** – vzniká nákupem na úvěr, poskytuje ho dodavatel tím, že dodávku platí odběratel až po uplynutí lhůty sjednané mezi dodavatelem a odběratelem,
- **kontokorentní úvěr** – banka se dohodne s klientem na výši debetu (úvěrový rámec) možného záporného zůstatku klienta běžného účtu,
- **revolvingový úvěr** – banka po dohodnutou dobu čerpaný úvěr do sjednané výše za poplatek doplňuje,
- **eskontní úvěr** – banka odkupuje směnky před jejich splatností,
- **ručitelský úvěr** – banka se zaručuje za svého klienta uhradit v případě jeho insolventnosti dohodnutý závazek.

Typy leasingu:

- **operativní (provozní) leasing** – kromě financování zahrnuje opravy a údržbu pronajatého prostředku, je vhodný pro relativně krátkou dobu financování (12 až 60 měsíců). Po uplynutí sjednané doby se předmět vrací do rukou pronajímatele. Je vhodný pro pronajímatele, kteří po skončení doby financování plánují vrátit zařízení zpět nebo kteří předpokládají využití stroje po dobu kratší než 60 měsíců,
- **finanční (kapitálový) leasing** – trvá delší dobu (min 60 měsíců) a je nevypověditelný, náklady na opravy a údržbu nese nájemce a po skončení nájemní lhůty předmět přechází do vlastnictví nájemce. Je vhodný pro odběratele, kteří chtějí po skončení financování odkoupit prostředek do svého vlastnictví,
- **prodej a zpětný pronájem (zpětný leasing)** – firma, která vlastní stálé aktivum, je prodá a současně uzavře smlouvu o zpětném pronájmu (kupcem a pronajímatelem bývá pojišťovna, banka nebo leasingová společnost).

5.3 Volba způsobu financování obnovy parku vozidel a strojů

Následující část je zaměřená na výběr vhodného způsobu financování nákupu nových nákladních vozidel a stavebních strojů.

Nákladní automobily

Jako zdroj financování nákupu nových nákladních automobilů byl navržen finanční leasing, realizovaný u finanční společnosti UniCredit leasing. Volba finanční společnosti vychází z požadavku vedení stavební firmy, která má s tímto finančním ústavem dobré zkušenosti.

Stavební stroje

Financování obnovy stavebních strojů bude provedeno taktéž pomocí finančního leasingu. Za vhodnou leasingovou společnost byla vybrána, s ohledem na dlouholetou spolupráci a výhodné finanční produkty, společnost Caterpillar Financial Services ČR, s.r.o., která úzce spolupracuje s tuzemským prodejcem stavebních strojů Phoenix-Zeppelin. U obou leasingových společností byl vybrán finanční leasing s 10% akontací po dobu splácení 60 měsíců. Bylo uvažováno s jednotnou hodnotou RPSN 10,5 %.

Tabulka 42: Náklady plynoucí z obnovy nákladních vozidel (finanční leasing)

č.	Typ vozidla	Pořizovací cena [Kč]
1	MAN TGS 26, 400 6x4	3 741 420
2	MAN TGS 26, 400 6x5	3 741 420
3	IVECO Daily 50 C 15 V	990 526
4	IVECO Daily 50 C 15 V	990 526
5	IVECO Daily 50 C 15 V	990 526
6	IVECO Daily 50 C 15 V	990 526
7	IVECO Daily 50 C 15 V	990 526
8	IVECO Daily 50 C 15 V	990 526
Σ		13 425 996

Tabulka 43: Náklady plynoucí z obnovy stavebních strojů (finanční leasing)

č.	Typ stroje	Pořizovací cena [Kč]
1	Caterpillar 428 E	2 760 528
2	Caterpillar M 313 D	5 321 016
3	Caterpillar 308 D	2 926 080
4	Caterpillar 303 C	1 420 258
5	Bobcat T 250	1 790 700
6	Bobcat S 175	1 306 068
Σ		15 524 650

Finanční náklady plynoucí z obměny jednotlivých vozidel a stavebních strojů jsou znázorněny v tabulkách č. 42 a č. 43. Pořizovací ceny jsou zde vyjádřeny včetně leasingového navýšení a aktuální daně z přidané hodnoty (DPH 20%).

Obnova parku stavebních strojů činí:

15 524 650 Kč

Obnova parku nákladních vozidel činí:

13 425 996 Kč

Výše celkových investičních nákladů na obnovu parku vozidel a stavebních strojů činí:

28 950 646 Kč

Závěr

Na základě analýzy parametrů spolehlivosti a nákladů na údržbu byl proveden návrh obnovy vozidlového a strojového parku stavební společnosti Jaroslav Dostálek – IRP. Vhodné a správně načasované investice do obnovy výrobních zařízení je třeba chápat jako zdroje budoucího ekonomického růstu stavební společnosti, které umožní obstát v náročném konkurenčním prostředí na trhu stavebních společností. Moderní výrobní zařízení se vyznačují vyššími výkonovými parametry a jsou šetrnější k životnímu prostředí. Proto je nezbytně nutné, aby každá prosperující společnost zahrnula do svého strategického podnikatelského plánu vhodně navrženou obměnu svých výrobních prostředků.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 61703: *Matematické výrazy pro ukazatele bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a zajištěnosti údržby*. 2002.
- [2] ČSN EN ISO 6165: *Stroje pro zemní práce – Základní typy – Identifikace, termíny a definice*. 2006.
- [3] ČERNÍK, Ivo. *Osobní sdělení*. Phoenix – Zeppelin, Havířov. [cit. 2010-04-26].
- [4] DANĚK, Alois; ŠIROKÝ, Jaromír; FAMFULÍK, Jan. *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: VŠB – TUO, 1999, 1. vydání. 154 s. ISBN 80-86122-41-7.
- [5] DANĚK, Alois; RICHTÁŘ, Michal. *Cvičení z teorie obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: VŠB – TUO, 2003, 1. vydání. 90 s. ISBN 80-86122-41-7.
- [6] DANĚK, Alois; ŠIROKÝ, Jaromír. *Teorie obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: VŠB – TUO, 1999, 1. vydání. 156 s. ISBN 80-7078-568-3.
- [7] DOLEŽALOVÁ, Jarmila; PAVELKA, Lubomír. *Pravděpodobnost a statistika*. Ostrava: VŠB – TUO, 2005, 1. vydání. 176 s. ISBN 80-248-0948-6.
- [8] KOWALOVSKI, Lech. *Osobní sdělení*. Bobcat, Havířov – Suchá. [cit. 2010-04-28].
- [9] FAMFULÍK, Jan. *Teorie údržby*. Ostrava: VŠB-TUO, 2006, 1. vydání. 136 s. ISBN 80-2481029-8.
- [10] FAMFULÍK, Jan; KRZYŽANEK, Radek; GAVLAS, Peter. *Zkoušky spolehlivosti – vybrané stochastické metody* [online]. [cit. 2010-08-24]. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009. 69 s. Dostupný na WWW: http://vyuka.fs.vsb.cz/file.php/146/SOV/Zkousky_spolehlivosti.pdf >
- [11] SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007, 4. vydání. 464 s. ISBN 978-80-247-1992-4.
- [12] Jaroslav Dostálek – IRP. Český Těšín. *Firemní literatura*.
- [13] BOBCAT CZ [online]. [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: http://www.bobcat.cz/1/financni_sluzby.html.
- [14] *Kategorizace silničních vozidel dle EHK*. [online]. [cit. 2010-03-16]. Dostupné na WWW: http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Moodle/1_5.pdf.

Seznam příloh

Příloha A – Analýza parametrů bezporuchovosti vozidel a strojů

Příloha B – Analýza parametrů spolehlivosti vozidel a strojů

Příloha C – Výpočet optimální životnosti vozidel a strojů

Příloha D – Stanovení pořadí obměny vozidel a strojů